THÈSE

DE DOCTORAT ÈS-SCIENCES NATURELLES

présentée

A L'UNIVERSITÉ PARIS VI

par

Jean BOISSONNAS

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

LES GRANITES A STRUCTURES CONCENTRIQUES ET QUELQUES AUTRES GRANITES TARDIFS DE LA CHAÎNE PAN-AFRICAINE EN AHAGGAR (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)

TOME II

Soutenue le 28 Juin 1973 devant la commission d'examen :

MM. J. RAVIER — Président

M. ROQUES
M. LELUBRE
G. ROCCI
J. LAMEYRE

Examinateurs

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548017_0002

THÈSE

DE DOCTORAT ÈS-SCIENCES NATURELLES

présentée

A L'UNIVERSITÉ PARIS VI

par

Jean BOISSONNAS

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

LES GRANITES A STRUCTURES CONCENTRIQUES ET QUELQUES AUTRES GRANITES TARDIFS DE LA CHAÎNE PAN-AFRICAINE EN AHAGGAR (SAHARA CENTRAL, ALGÉRIE)

TOME II

Soutenue le 28 Juin 1973 devant la commission d'examen :

MM.	J. RAVIER	Président
	M. ROQUES	Examinateurs
	M. LELUBRE	
	G. ROCCI	
	J. LAMEYRE	

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

TROISIEME PARTIE

LES DERNIERS GRANITES DU COMPARTIMENT CENTRAL DE L'AHAGGAR ("TAOURIRTS DE LA ZONE CENTRALE")

CHAPITRE XIV

INTRODUCTION A LA TROISIEME PARTIE ("TAOURIRTS DE LA ZONE CENTRALE") :

REPARTITION DES MASSIFS, CONTROLES STRUCTURAUX

L'introduction générale du mémoire présente à la page 26 un très bref aperçu du territoire complexe que l'on peut appeler : le compartiment central de l'Ahaggar. Ces quelques notions font apparaître l'indépendance totale des granites post-tectoniques par rapport aux autres unités lithologiques du domaine. J'ai notamment rappelé l'existence d'un épisode-charnière que concrétisent d'innombrables dykes subméridiens ; ces filons, postérieurs à tous les plis, recoupent aussi tous les granites, sauf ceux qui vont nous occuper. Il ne paraît pas exister de ces intermédiaires entre plutons concordants et stocks discordants que les diapirs de Tinnirt et d'Aseksème représentent dans le fossé pharusien. On ne connaît pas non plus d'exemple de cette convergence par laquelle certaines dépendances des grands plutons du domaine pharusien (Tig'ettaouine, Tihoiiarène) ont endossé l'habit des Taourirts de la région (une chape de leucogranite alcalin autour du granite normal).

Par conséquent, nous attaquerons d'entrée de jeu les derniers granites, qui sont les "Taourirts de la zone centrale" (expression discutable à certains égards, mais dont l'emploi est devenu presque inévitable : voir à la page 123).

Tous ces massifs sont nettement postérieurs aux plis de leur encaissant. Mais on observe ou devine un contrôle par des failles. Selon les cas, la direction dominante est NW-SE ou NE-SW. Comme le rappelle l'introduction générale, il est maintenant bien connu que plusieurs accidents du socle ont rejoué au moins pendant le Paléozoïque : non seulement des dislocations méridiennes, mais aussi un grand nombre de fractures obliques.

Grandes lignes de la répartition (figure 101)

1 - Un premier essaim, qui est le plus important par la taille des unités, se trouve au centre même du compartiment central. Pour simplifier, appelons le : "groupe de Tamanrasset", malgré une aire de répartition qui, à proprement parler, déborde les environs de cette localité.

2 - Un autre ensemble affleure dans le Sud du territoire. Il comprend deux groupes : les Baouinet et les petites intrusions de Laouni.

3 - Il existe plusieurs coupoles isolées, auxquelles un petit chapitre sera consacré après l'étude des massifs méridionaux : le Ti-n-Teganet (près de Tit), le célèbre Taourirt Ta-n-Afella (la montagne d'I-n-Eker), et l'I-n-Ekoulmou, qui porte le point culminant de la Tefedest.

PRESENTATION ET CONTROLES STRUCTURAUX DES TAOURIRTS DE TAMANRASSET

Ces granites affleurent dans le Hoggar s.str. des voyageurs et sur sa lisière méridionale. Quelques uns de leurs paysages sont donc bien connus (le cirque de l'Ilamane, notamment), mais les difficultés d'accès en terrain désertique et montagneux font que des sites encore plus beaux restent ignorés.

L'essaim des massifs s'allonge sur 140 km du N.NW au S.SE (figures 101 et 102). Détaillons le, en partant du Nord :

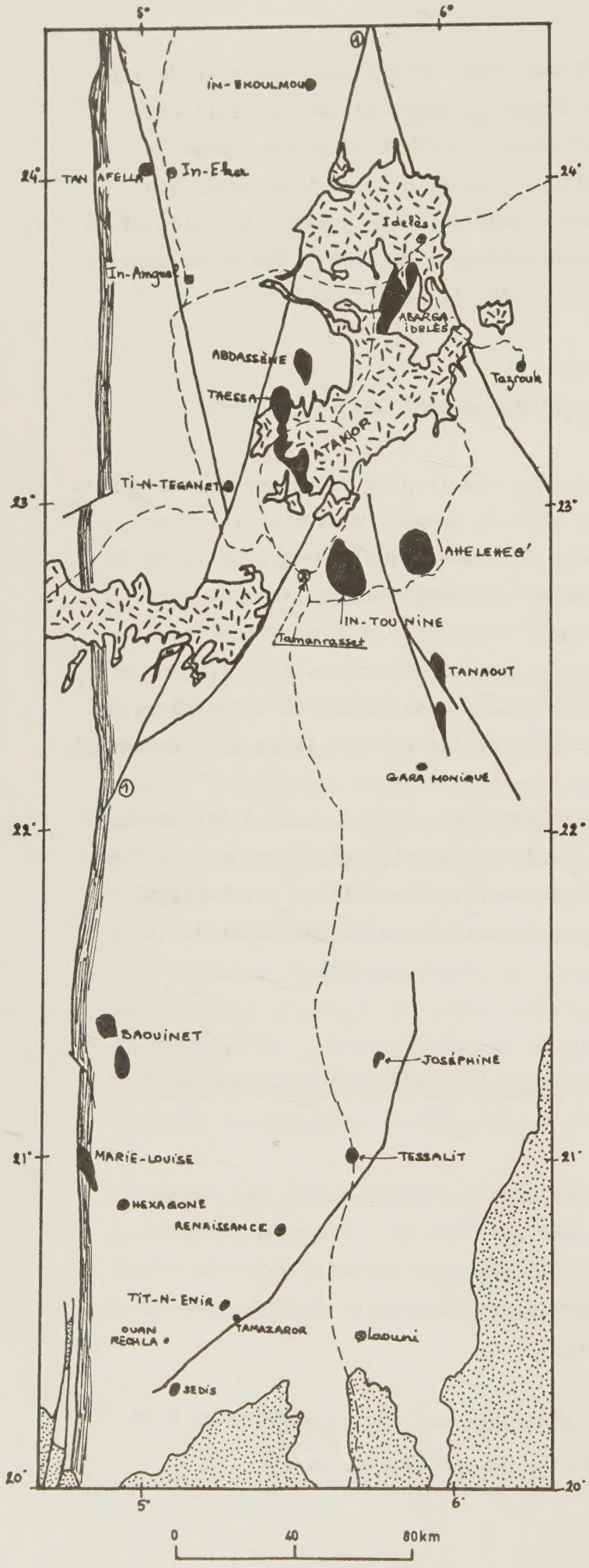


Figure 101-RÉPARTITION DES GRANITES TARDIFS DU COMPARTIMENT CENTRAL DE L'AHAGGAR

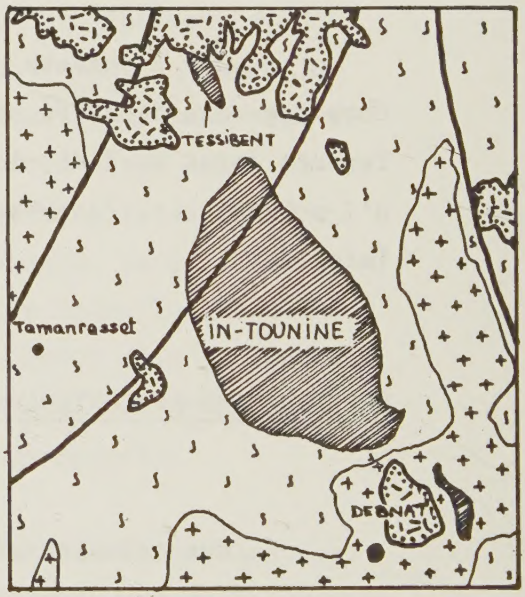
Accident des 4°50'

Faille "Ouest-Atakor"

Laves récentes

Piste automobile

Figure 102-L'I-N-TOUNINE ET SES SATELLITES



Laves récentes

Taourirts

Plutons granitiques à bords diffus

Migmatites

- Le Taessa (37 x 10 km environ) forme le talus occidental de l'Atakor.

- Le Tessibent (5 x 1,5 km), que l'érosion commence seulement à découvrir, dessine sur la carte un mince fuseau. Il sera considéré ci-après comme un satellite du massif suivant.

- L'I-n-Tounine (20 x 12 km) ferme l'horizon à l'Est de Tamanrasset. Son centre ne se trouve qu'à 15 km de cette localité.

- Des satellites méridionaux de l'In-Tounine encadrent le plateau phonolitique du Debnat, à l'ombre duquel ils se blottissent, pourrait-on dire.

- L'Aheleheg' (14 x 8 km), apparaît plus ou moins jumelé avec l'I-n-Tounine, 20 km à l'Est de ce dernier.

- Deux massifs relativement exigus (10-12 x 2-3 km) affleurent sur les rives de l'oued Tanaout. Leur allongement très marqué provient d'une mise en place le long de failles actives bien apparentes. Un contrôle strutural par des accidents est donc ici directement observable.

- Enfin, l'essaim se termine au Sud par un pointement de 3 x 2 km, la "gara Monique", autre bon exemple d'intrusion que contrôle une ligne de faiblesse. Mais la dislocation visible au niveau d'affleurement n'a ni l'aspect ni la direction des précédentes ; elle est matérialisée par un dense réseau W.NW-E.SE d'aplites.

Ainsi, cet "axe Tanaout-Taessa" (Byramjee, 1957 (1)) suit une direction dominante d'accidents. Il est difficile d'apprécier sur le terrain l'importance réelle de ces derniers. Or les photos du satellite

---

(1) Rédigé avant la découverte de la gara Monique, ce court texte inédit est le premier qui suggère l'unité du groupe.

Tiros [1], par un contraste rectiligne de grisés, suggèrent qu'un alinéament N.NW-S.SE passe dans la région. Prolongeant à peu près les mylonites d'I-n-Eker - I-n-Amguel, il semble être l'un des plus considérables de l'Ahaggar. Certes, une constatation de ce genre ne nous apprend rien de précis, mais elle renforce l'idée d'un contrôle par une structure majeure de la croûte terrestre.

> La direction N.NW-S.SE était souvent imprimée dans l'encaissant avant la mise en place de nos granites. Cela est surtout net vers le Sud du secteur, à partir de la latitude de l'Aheleheg' : plis des chaînons quartzitiques de la feuille Azrou-n-Fad (cartes B.R.M.A. - B.R.G.M.), synclinorium des environs d'Amsel (Ferragne, 1964). Le pluton d'Anfeg dessine une vaste ellipse concordante en grand avec ces plis, et détache vers le N.NW une apophyse également concordante qui occupe une partie du terrain entre l'I-n-Tounine et l'Aheleheg' (fig.102).

De Taessa aux satellites méridionaux de l'I-n-Tounine, voire même à la gara Monique, l'alignement est rigoureux : on peut vraiment parler d'un "axe". Si les granites courants se ressemblent par leurs traits essentiels, insistons sur l'importance et la similitude de leur évolution postmagmatique. Bien que moins parfaitement alignés, l'Aheleheg' et les massifs de Tanaout constituent un autre sous-groupe. Ils diffèrent des précédents sur les points suivants : carence relative des phénomènes postmagmatiques, nuances dans la pétrographie du granite courant ; nous ajouterons plus tard : mise en place à profondeur en peu moindre.

Ordre de description

L'Aheleheg' sera le premier massif décrit ci-après, non que son étude ait été très poussée, mais parce qu'il a les rapports les plus instructifs avec les terrains encaissants : ceci permet de définir les caractères de gisement du groupe. Quelques lignes seront ensuite consacrées aux granites de Tanaout et à la gara Monique.

---

(1) J'ai pu les voir grâce à l'amabilité de Monsieur J. Dubief.

Deuxième volet : l'I-n-Tounine. Enfin, la région Nord, avec le Taessa et, en annexe, deux massifs particuliers que l'on ne peut passer sous silence : la lame syncinématique d'Abarga-Idelès, contrôlée par un accident N 20° E, et le granite d'Abdassène.

PRESENTATION ET CONTROLES STRUCTURAUX DES MASSIFS DU SUD

Les Baouinet

Quatre massifs composent le groupe des Baouinet [1] : ce sont les Baouinet Nord et Sud, le "Marie-Louise" et l'"Hexagone". Deux à deux, ils matérialisent la direction NW-SE, mais celle-ci n'apparaît guère dans l'encaissant si l'on en juge par la carte du BRGM (1961) . Le "Marie-Louise" est laminé par la dislocation des 4°50' et s'élargit contre elle, dispositif qui rappelle celui des Taourirts d'Aouilène, de Teg'orak et de Tan-Ataram, dans le fossé pharusien : c'est là un exemple de double contrôle, à la fois par la direction méridienne et par une direction oblique.

Les Baouinet ont des dimensions assez moyennes : 6 à 12 km de long pour les plus grands, seulement 3 km de diamètre pour l'Hexagone. On peut leur rattacher un pointement tout à fait mineur : "Tillik".

Les granites de Laouni

L'expression "granites de Laouni" désigne avant tout cinq petits massifs alignés. Du NE au SW, on rencontre successivement : "Joséphine", "Tessalit", "Renaissance", Tit-n-Enir et "Sedis". Ajoutons à cette liste le pointement annexe de Tamazaror, jumelé sur la carte avec le Tit-n-Enir, et celui de Alous-ouan-Rechla.

---

(1) On écrit aussi : Bahououinet (Voir la feuille IGN de Timg'aouine et mes propres rapports ...). Il me paraît cependant plus simple de revenir à l'orthographe qui correspond à la prononciation réelle du mot, et qu'employaient du reste les premiers voyageurs (Villatte, 1911 ; Nieger, 1924).

L'ordre de grandeur des 5 intrusions principales est de 3 à 4 km. Sauf dans le cas de Tessalit - qui a un contour circulaire - les grands axes sont orientés est-ouest ou NE-SW, plus ou moins en conformité avec la direction générale. L'alignement jalonne un système de failles silicifiées qui passe environ 5 km plus à l'Est. Au niveau du Tessalit, la principale de ces fractures-guides s'infléchit soudain vers le N.NE : et aussitôt l'axe granitique de se comporter de même, Joséphine étant au N.NE de Tessalit. L'espacement des massifs est d'une régularité frappante : 30 à 35 km.

Tous ces faits révèlent l'existence d'un contrôle structural très précis, sans doute le plus beau du genre en Ahaggar. Notons cependant que les modalités précises de ce contrôle ne se lisent guère au niveau d'affleurement. Si les intrusions avoisinent la fracture NE-SW, elles ne se trouvent pas dessus (à l'exception peut-être du Tamazaror). La constance de leur espacement fait penser à l'intervention d'accidents croiseurs NW-SE : or il est troublant de constater combien sont rares les éléments visibles (filons, directions structurales ...) qui pourraient appuyer cette hypothèse dans les parages de l'alignement.

> Nous ne pouvons formuler à cet égard que des remarques tout à fait intuitives : ainsi, le Ti-n-Enir et le Tamazaror déterminent une droite NW-SE qui semble se prolonger via l'Hexagone jusqu'à l'Adrar Marie-Louise.

En revanche, la petite intrusion de ouan-Rechla, située bien à l'écart de l'alignement NE-SW, pointe au noeud de plusieurs fractures : le contrôle semble ici directement observable.

CONTROLES STRUCTURAUX DES MASSIFS ISOLES

Les petites coupoles isolées n'échappent probablement pas à la règle générale d'un contrôle par de grands accidents. Mais nous en sommes encore réduits à des suppositions. Le Ti-n-Teganet avoisine l'intersection des mylonites d'I-n-Amguel, dirigées N.NW-S.SE, et de l'accident "Ouest Atakor", NE-SW (fig. 101). Même contexte apparent

pour l'I-n-Ekoulmou, situé à quelques kilomètres de la jonction entre les accidents Ouest Atakor et In-Amguel-Arefsa. Le Taourirt Tan-Afella se trouve en bordure des puissantes mylonites d'I-n-Amguel.

Remarquons aussi l'alignement de l'I-n-Ekoulmou, du Tan-Afella et de deux Taourirts du fossé pharusien : le Tan-Ataram et l'Iseddiène. Dirigée à N 80° E, cette droite fictive contribue à matérialiser le linéament dont il était question au chapitre XIII (p. 414 avec sa note infrapaginale, 415, et fig. 100).

REMARQUES SUR LES DONNEES DE LA GEOCHRONOLOGIE

Sans entrer dans le détail, constatons que ces résultats (1), obtenus malheureusement sur des minéraux isolés (presque toujours des micas), indiquent les environs de - 500 MA (les chiffres vont de - 480 à - 530). Pour les massifs du groupe méridional, nous sommes tenus en laisse par le "garde-fou" tassilien : ils sont de toute évidence antérieurs à la transgression des grès car le petit stock de Tamazaror apparaît tronqué par la pénéplaine antétassilienne. Cette transgression semble dater du Cambrien tout à fait supérieur, soit de - 500 à - 520 MA (voir à ce sujet Beuf et al., 1968, 1971). Les Taourirts de Tamanrasset ont fourni sur micas des âges ordoviciens. Or ils ont toutes chances d'être à peu près synchrones des massifs précédents, en raison d'une réelle affinité géochimique et de la similitude des contrôles structuraux. Les âges obtenus sont donc trop jeunes.

Il sera précisé que les massifs de Tamanrasset ont été mis en place à faible profondeur ; l'encaissant était cratonisé, devait donc avoir achevé sa remontée isostatique de fin d'orogenèse et se trouver largement pénéplané. Aussi ne s'est-il sans doute écoulé que "peu de temps" - quelques dizaines de MA, au maximum - entre la cristallisation de ces magmas et la transgression des Tassilis.

---

(1) Lay et Ledent, 1963. Boissonnas et al., 1964. Résultats inédits, en annexe V du présent mémoire.

Un âge cambrien moyen serait donc encore raisonnable. Il se peut alors que les Taourirts de la zone centrale soient un peu plus jeunes que ceux du fossé pharusien, si ces derniers datent bien du Cambrien inférieur. Sur ce dernier point, les marges d'erreur (± 40 MA ; in : Boissonnas et al., 1969) ne permettent pas d'être tout à fait affirmatif.

CHAPITRE XV

GROUPE DE TAMANRASSET (1) :
LES MASSIFS D'AHELEHEG' ET DE TANAOUT
La "Gara Monique"

SECTION A

L'AHELEHEG'

L'Aheleheg' forme un important massif montagneux dans le coin NE de la feuille Tamanrasset. Il a une topographie très particulière. Son tiers nord est un plateau peu érodé, qui s'élève à environ 1 900 m d'altitude, soit à 400 m au-dessus de la pénéplaine. Au milieu et au Sud, le massif est moins compact, moins élevé aussi, mais reste coupé de l'extérieur par un mur d'enceinte assez continu. Je n'y ai travaillé que de manière sporadique. La figure 103, simple croquis tenant lieu de carte, a été dessinée d'après deux documents : l'esquisse accompagnant le rapport Bourgeois (1956) et la carte géomorphologique de P. Rognon (1967).

Figure 103 - CROQUIS DE L'AHELEHEG'

LÉGENDE

- Basaltes récents
- Granites alcalins tardifs (A : l'ellipse claire", B : l'échine du Sud-Est")
- Faciès de la bordure Sud ("mur d'enceinte", "bourrelet périphérique")
- Pendentifs de gneiss
- Abrupt du Plateau Nord

Affleurements remarquables :

- 1 Diatrème
- 2 Contact de l'oued Amezeguine
- 3-4 Contacts de l'oued Ouazen

1 - GEOLOGIE INTERNE DE L'AHELEHEG'

1.1 - LES GRANITES ET LEURS RELATIONS MUTUELLES

L'Aheleheg' est surtout formé d'un granite calco-alcalin assez grossier. Au toit apparaissent des variations microgranitiques. Dans la masse, deux stocks tardifs de granite alcalin avoisinent la ligne axiale [1].

Le granite grossier

Il paraît en général dépourvu d'orientation, sauf sur quelques dalles où des feldspaths parallèles ébauchent une fluidalité.

Description macroscopique

- Quartz (environ 25 à 30 % de la roche), en amas de 0,5 à 1 cm.
- Feldspath potassique rosé, très abondant (au moins 40 % de la roche), pauvre en inclusions. Détail caractéristique, les cristaux se montrent souvent un peu ovalisés. Ils mesurent au plus 1 cm de long.
- Plagioclase très subordonné, blanchâtre.
- Biotite (5 à 10 %) en paillettes d'environ 1 mm, qui sont éparpillées entre les feldspaths-K et dessinent ainsi un vague réseau aux mailles rectangulaires.

Description des lames minces

- Quartz peu roulant, avec des contours polygonaux simples.

---

(1) Les analyses chimiques de roches du massif ont été faites sur des échantillons de J. Didier (1959). Elles datent de 1959 (sauf une seule, la 74), et étaient restées inédites.

- Feldspath potassique : orthose en grandes plages maclées Carlsbad. Des inégalités de l'extinction font parfois apparaître une zonation ténue (fins lisérés à bords flous, faisant rarement le tour complet des cristaux). Quelques perthites en minces rubans anastomosés. Films de petites albites discordantes sur les limites communes des orthoses. Noter aussi quelques taches diffuses d'albite maclée, tardive. Quelques inclusions de quartz, de biotite, de plagioclases zonés et corrodés.

- Plagioclase : cristaux allongés ou trapus, assez xénomorphes, tendant à s'amonceler, zonés de An 25 % à An 10 % (moyenne vers 20 %). Le centre des cristaux est assez souvent décalcifié, phénomène qui s'accompagne de la cristallisation simultanée de fine séricite et de fluorine en petits granules (voir au chapitre XVIII, et les photos de la planche 24).

- Ferromagnésiens : biotite brune (analyse m.34), parfois un peu verdie avec exsolution de sagénite. Inclusions d'accessoires divers (zircon bien formé presque sans halos, apatite, minerai, rare allanite).

  Quelques pseudomorphoses d'amphibole se reconnaissent à leurs contours ; elles renferment surtout de la biotite, également du quartz et des accessoires (parmi lesquels de la fluorine).

- Accessoires. Ils sont peu répandus en dehors des amas biotitiques. Toutefois, on observe en sus de la fluorine.

Comme l'indiquent les analyses 74 et N^1 à N^3, ce granite est de chimisme subalcalin à calco-alcalin franc, avec une tendance potassique.

Variation de la bordure sud

Un granite à grain beaucoup plus fin borde de façon assez continue le Sud de l'Aheleheg', entre l'Oued Ouazen au SW et les épandages alluviaux du Tineftaouine à l'Est. Il affleure en particulier dans le bourrelet ("mur d'enceinte") qui enveloppe la pointe sud-est du massif.

Perthitique ou non, l'orthose reste le feldspath largement prépondérant. Parfois apparaissent des mésoperthites : la raréfaction du plagioclase peut conduire alors à un aspect de *granite hypersolvus*. En principe, il existe des cristaux autonomes de plagioclase : oligoclases automorphes, zonées ou entièrement décalcifiées, albites xénomorphes. Le quartz est frappant par ses nombreuses sections à tendance hexagonale. La fluorine semble abondante, et on note de la topaze dans les variétés les plus albitisées du contact, qui renferment des nids de pegmatite.

Dans le détail, la coupe de l'Oued Tadadine à sa traversée du bourrelet périphérique révèle des bouffées successives de ces granites, ainsi qu'une certaine variabilité du grain, de la proportion orthose/albite.

Sur la photo aérienne (NF 31 XVII-XVIII n° 554), le mur d'enceinte a une allure de "ring-dyke" : non seulement il s'élève au-dessus de l'encaissant, mais il domine aussi des pendentifs de gneiss qui s'étendent à l'Ouest dans le massif. Sur le terrain, l'individualité d'un tel filon incurvé ne ressort pas clairement. Il est néanmoins permis de supposer que les granites fins de bordure correspondent à du magma mis en place à la faveur d'un léger décollement de l'intrusion par rapport à son encaissant.

Les microgranites porphyriques du toit

En montant au plateau nord, on voit des zones floues de granite porphyrique à mésostase plus ou moins fine interrompre la continuité du granite courant. Des microgranites à phénocristaux apparaissent peu à peu, d'abord en enclaves diffuses dans le granite porphyrique, puis s'étendant jusqu'à recouvrir d'une chape sombre l'entablement sommital. On ne peut dire que toute cette gradation soit vraiment régulière, car des îlots de granite grossier subsistent ici et là jusqu'au sommet.

Les microgranites apicaux ont en général une cassure ocre clair. Leurs phénocristaux de quartz ne dépassent pas 2 ou 3 mm, ceux de feldspath 1 cm. Chez ces derniers, on retrouve souvent le contour légèrement ovalisé que présentaient déjà les orthoses du granite grossier. La biotite forme des amas millimétriques, et saupoudre finement la pâte, elle-même de grain très fin.

Les phénocristaux

L'orthose est maclée Carlsbad, très finement perthitique, à peine attaquée par un début d'albitisation diffuse. Quelques cristaux ovalisés sont nappés d'oligoclase. On observe des couronnes de quartz en gouttelettes. Peu maclée, l'oligoclase est zonée de An 28 % à An 15 % (moyenne vers 25 %), non sans quelques fines oscillations. Le quartz s'entoure parfois de bras anguleux. Le feldspath potassique et le quartz l'emportent en abondance sur le plagioclase.

La figure 104 donne l'ordre de cristallisation : biotite-oligoclase - orthose.

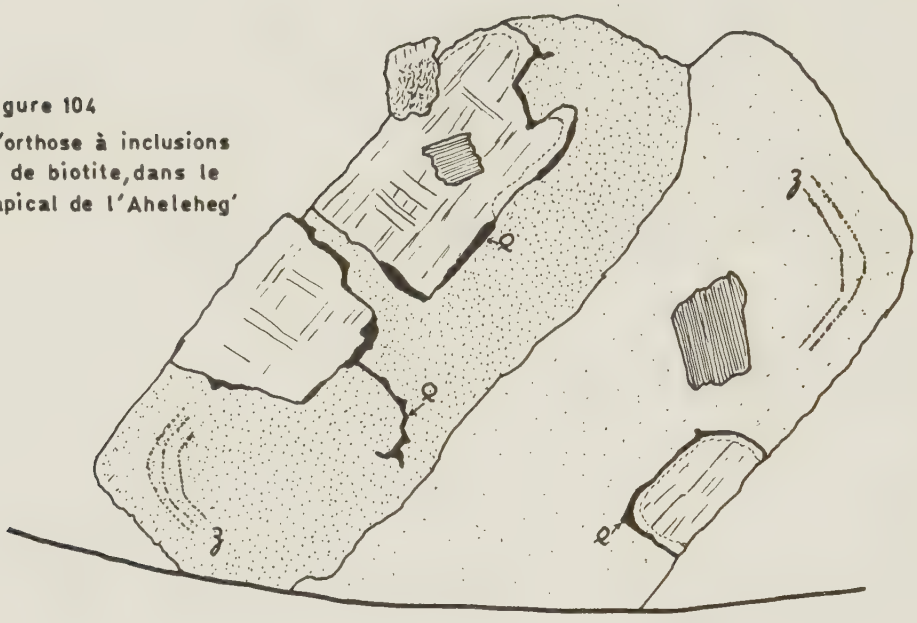


Figure 104
Phénocristal d'orthose à inclusions d'oligoclase et de biotite, dans le microgranite apical de l'Aheleheg'

Les plagioclases sont blindés par du quartz (Q). Les deux cristaux de gauche correspondent peut-être à un seul individu, brisé avant la cristallisation de l'orthose (protoclase)
Z : traces de zonation dans l'orthose

La mésostase

Elle est riche en orthose pigmentée de brun. Le quartz forme des grains émoussés, parfois à extinction simultanée. Le plagioclase est avant tout une oligoclase assez xénomorphe, peu maclée, occasionnellement zonée (An 25 % au maximum). Un peu d'albite fraîche pousse discrètement sur les orthoses, soit au hasard, soit en croissance orientée. La biotite forme des paillettes déchiquetées d'allure interstitielle, brunes ou un peu verdies. Dans une lame, elle a été vue colmatant des fissures d'oligoclases de la mésostase. Signalons enfin quelques mouches de hastingsite et de fluorine.

L'unique analyse dont nous disposions (N4) se superpose pratiquement à celle du granite grossier.

Ce placage apical de microgranite porphyrique se présente comme une bordure figée. L'irrégularité du passage au granite, les aspects de mélange, montrent que le régime de la cristallisation (instant initial, vitesse, degré d'avancement) ne variait pas de manière uniforme en fonction de la distance au toit.

Une variété un peu différente de microgranite se remarque dans le bel abrupt nord du massif et dans les moutonnements du secteur SE. Les phénocristaux sont plus gros que les cristaux correspondants du granite grossier, et plus nombreux. La teinte générale est non plus ocre, mais grise. Sous le microscope, on retrouve les caractères énumérés ci-dessus, à quelques nuances près, comme le contour plus automorphe des fines paillettes de biotite.

Cette roche ne semble pas former des masses aussi individualisées, aussi continues, que la chape du plateau. Toutefois, des pendentifs de gneiss existent à proximité, montrant qu'ici encore le toit était proche.

Note sur les enclaves microgrenues

Je ne les signalerai qu'en passant, l'abondance des matériaux récoltés par J. Didier en 1958 justifiant une étude séparée.

Quelques unes d'entre elles, les plus claires, ont une composition de granite alcalin. Les plus nombreuses, de teinte grise à gris foncé, s'apparentent, en plus fin, aux microgranites porphyriques. Dans le cas courant, l'orthose est subordonnée au plagioclase ; celui-ci forme de nombreuses baguettes qui s'encastrent dans les plages anguleuses de quartz. D'autres fois, les deux feldspaths coexistent à égalité, sans présenter de formes particulières. Certaines enclaves sombres renferment une hornblende hastingsitique en petits cristaux, et montrent des pseudomorphoses de grosses amphiboles par de la biotite, éventuellement accompagnée de fluorine (planche 22, photo 1). Les phénocristaux de feldspath-K, quand il y en a, sont identiques à ceux des microgranites, et paraissent généralement de cristallisation magmatique primaire

Les analyses N^5 à N^{11} confirment que la gamme des compositions est étendue. Certaines enclaves ont tout à fait le chimisme du granite normal, et il paraît difficile de mettre en doute qu'elles soient co-magmatiques de celui-ci. Elles semblent plus abondantes dans la bordure figée du plateau nord. On les distingue aisément du microgranite grâce à leurs contours nets, à leur pauvreté relative en phénocristaux, et à leur mésostase plus fine encore. Peut-être représentent-elles ici des "germes" où la cristallisation du magma a commencé, soit plus bas (cf. l'hypothèse de J. Didier, 1964, sur les anciennes bordures figées, disloquées et reprises), soit après la mise en place. On doit envisager une origine toute différente pour les enclaves sombres (hybridation en profondeur entre magmas acide et basique ?).

Les granites alcalins

1 - L'ellipse claire du Nord

Dès les premières reconnaissances de l'Aheleḫeg', on remarqua une tache elliptique claire au milieu des microgranites sombres du Nord. L'ellipse se distingue très bien sur la photo aérienne

NF 31 XVIII-XXIV n° 017. Mesurant 2 x 1 km, elle représente l'affleurement d'un stock de granite alcalin assez grossier à fluorine et topaze. Les feldspaths potassiques sont roses et rectangulaires, l'albite forme de nombreux amas blanc verdâtre.

> En lame mince, on observe de grands quartz à angles vifs, prolongés par des bras également anguleux, et des feldspaths-K peu ou pas moirés, parfois mâclés Carlsbad. De belles lattes d'albite maclée mordent sur les feldspaths-K ou même se trouvent complètement incluses dans ceux-ci. Le mica est gris-brun, uniaxe, riche en halos pléochroïques ; ses homologues de l'I-n-Tounine (voir au chapitre suivant) sont lithinifères, et il en va sans doute de même ici. Les accessoires consistent en fluorine, abondante, et en topaze.

Cette roche renferme des îlots d'un granite fin à minéralogie très comparable.

Le filon annulaire d'aplite porphyrique. Les géologues du B.R.M.A. avaient observé qu'une aplite à phénocristaux d'orthose ceinture l'ellipse claire (planche 19, photo 2). Verticale ou inclinée vers l'extérieur, elle peut atteindre plusieurs mètres de puissance. Les grands feldspaths mesurent de l'ordre de 5 x 1 cm. Ils dessinent des éventails un peu courbés et légèrement ouverts du côté interne ; leur aspect suggère une cristallisation rapide. En lame mince, on remarque une ébauche de moirage très fin, et quelques perthites maclées. La mésostase est surtout albitique et comporte aussi du quartz, une biotite gris verdâtre (lithinifère), de la topaze plus ou moins blastique.

Des pegmatites quartzo-feldspathiques accompagnent souvent l'aplite, plus particulièrement sur son bord interne : elles consistent en lits inclinés comme l'aplite, en amas renfermant de la topaze verdâtre (haut oued Tadadine à la pointe sud de l'ellipse), en cavités miarolitiques.

Le contact externe du corps annulaire est très net : quelques filons d'aplite en rayonnent ; d'autres, plus minces, filent parallèlement à la bordure. Le microgranite de la bordure figée a été modifié sur quelques centimètres : néoformations d'albite, de quartz, de fluo-

rine et, selon les rapports du B.R.M.A., enrichissements locaux en biotite. Aux rares endroits où le granite grossier affleure jusqu'à ce contact, il se trouve également recoupé par les granites albitiques.

En résumé, l'ellipse claire est l'affleurement d'un cylindre de granite pneumatolytique, postérieur à l'ensemble constitué par le granite grossier et le porphyre. L'aplite porphyrique qui l'entoure a l'allure d'un "ring-dyke".

2 - L'échine du Sud Est

Une dorsale assez élevée, "l'échine", s'individualise dans le SE du massif. Elle est constituée par divers granites alcalins. Le plus typique de ceux-ci est équigranulaire et à grain moyen (2-3 mm). L'albitisation et la pneumatolyse y paraissent moins poussées que dans "l'ellipse claire" ; il n'empêche qu'existe un peu de topaze. D'autres variétés sont plus fines, plus jeunes aussi, et passent à de véritables aplites. L'affleurement de tous ces granites dessine une grande ellipse de 4,5 x 2 km, moins apparente que celle du Nord.

Le contact externe de cette deuxième ellipse a été observé sur les dalles de l'oued Tadadine. Un lacis d'aplites successives le rend complexe à analyser, mais la conclusion ne s'en impose pas moins : les granites alcalins recoupent tous le granite grossier.

1.2 - LE CORTEGE FILONIEN ET LA BRECHE D'EXPLOSION

Les filons que l'on doit rattacher en propre à l'Aheleheg' sont des aplites, des pegmatites, des greisens et quelques microgranites plus ou moins granophyriques. Il ne sera question ici ni des aplites - la plus remarquable étant celle qui entoure l'ellipse claire - ni des filons émis au contact de l'encaissant. Quant aux grands dykes SW-NE de microgabbro et de quartz qui attirent l'attention dans le paysage, ils recoupent indifféremment le massif et son encaissant, s'étendant jusqu'à des kilomètres de distance. Ils

appartiennent donc au réseau régional [1]. Nous les retrouverons très développés dans la région de l'I-n-Tounine.

Les microgranites et granophyres alcalins (planche 19, photo 7)

Ils traversent l'échine SE et les pentes du plateau sommital. Les phénocristaux ne dépassent pas 2 à 3 mm, ceux de feldspath sont parfois criblés de micropegmatite fine (passage à une texture granophyrique). La pâte renferme plus d'albite que de K-feldspath, et de la topaze.

Les filons minéralisés (greisens, quartz ...)

D'après le rapport Bourgeois, les greisens prennent une certaine importance dans le SE (liaison aux granites alcalins de "l'échine" ?). Ils ne sortent pas dans l'encaissant latéral, mais peuvent recouper les pendentifs de gneiss qui subsistent dans ce secteur. Leur direction est perpendiculaire au grand axe du massif. Ces greisens sont fort pauvres en cassitérite et en topaze.

Le même document signale dans l'ellipse claire un filonnet à la limite quartz pneumatolytique-pegmatite, avec quelques cristaux de cassitérite et plus accessoirement de wolframite. La pauvreté rédhibitoire des minéralisations primaires est d'autant plus regrettable qu'un dispositif très favorable à la prospection alluvionnaire existe dans le Sud Est : plusieurs oueds se rejoignent en amont de la gorge de l'oued Tadadine qui franchit le bourrelet externe ; ils ont ainsi donné naissance à de grands "flats".

La brèche d'explosion du versant nord est

L'affleurement qui va être décrit est le seul du genre dont j'ai connaissance dans les Taourirts. Il se trouve sur un seuil rocheux occupant le fond d'un ravin du Nord Est, 500 m à l'intérieur du massif. Un filon de microgabbro, épais de 1 à 2 m et orienté NE-SW comme la

---

(1) Certains filons remplissent de petites déchirures du granite, et n'ont que quelques mètres de long. Leur composition étant identique à celle des grands filons, il faut encore se garder d'en faire des émissaires du massif.

plupart de ses congénères, traverse l'oued à cet endroit. En son axe apparaît une formation bréchique à bords nets, large de 10 à 20 cm (planche 19, photo 5). Il s'y bouscule une foule de débris anguleux, qui mesurent 5 cm au maximum : on reconnaît surtout des fragments du granite grossier de l'Aheleheg', mais aussi des morceaux de migmatites, exactement identiques à celles de l'encaissant visible. Toutes les transitions existent entre les plus gros débris et les particules du fond. Ces éléments baignent dans une trame très fine de composition acide, impossible à analyser sous le microscope. La fluorine forme des plages étendues et l'on observe des nids d'albite hydrothermale.

Au Sud de l'affleurement, la brèche se rétrécit, ne renferme plus que des enclaves de granite d'Aheleheg' et sort du filon basique. Puis elle perd ses éléments de roche polycristalline pour ne plus comporter que des fragments de cristaux. Elle se ramifie alors dans le granite, le larde de filets rectilignes qui s'entrecroisent en tous sens, ne mesurant plus que quelques mm de large. Le granite, tout rubéfié à cet endroit, est ultramylonitisé le long de fissures.

Discussion. La présence des fragments de migmatites prouve le transport. On ne découvre aucune texture typiquement volcanique. Seul un phénomène explosif permet d'expliquer le brassage des débris et la fissuration désordonnée du granite alentour. La trame très fine mérite alors l'appellation de "tuffisite". Etant donné l'abondance de la fluorine, on peut à coup sûr relier l'explosion à un afflux local des pneumatolytes du massif. Rien à voir, par conséquent, avec le volcanisme récent. Mais l'aspect anguleux des enclaves montre que le granite était déjà consolidé.

Les fragments de gneiss ne peuvent guère provenir que de plus bas : on imagine mal, dans ce contexte, comment ils auraient été arrachés au toit de l'Aheleheg'.

D'après la bibliographie récente (Wright et Bowes, 1968 ; Pitcher et Berger, 1972), il semble que l'on doive distinguer deux stades successifs dans la formation de telles brèches : l'explosion, qui brise les roches mais n'en déplace pas nécessairement les fragments ; puis le brassage et l'entraînement, par un mécanisme qui peut être

celui de la fluidisation (Reynolds, 1954). Notons cependant que les débris étant anguleux, on ne doit pas envisager ici que le courant de gaz les a longuement agités.
Le phénomène est resté bref et local.

Le diatrème communiquait-il avec la surface? Nous ne pouvons en être sûrs, toute preuve directe ayant disparu par érosion. Au moins apporte-t-il une présomption de mise en place à faible profondeur. De même il laisse supposer - malheureusement sur la foi d'un indice ponctuel et très indirect - que sous le massif existerait un plancher de gneiss, descendu par jeu de piston : ce mode de gisement serait tout à fait compatible avec un caractère hypovolcanique de l'Aheleheg'.

2 - CONTACTS AVEC L'ENCAISSANT

Grâce à quelques affleurements privilégiés, le mode de gisement de l'Aheleheg' se laisse étudier comme il n'a été possible de le faire pour aucun des autres massifs décrits dans ce mémoire. Les contacts nord et sud ont fourni deux séries d'observations complémentaires.

2.1 - LE CONTACT NORD

La vallée de l'oued Amezeguine longe le contact à 400 m en contrebas du plateau sommital. Quelques bons affleurements subsistent entre les éboulis et les terrasses alluviales. Aucun faciès de bordure dans le granite ; tout au plus observe-t-on parfois sur quelques centimètres une frange à grain fin ; mais il n'y a ni miaroles ni pegmatites. On ne remarque pas davantage d'enclaves d'encaissant. Le contact paraît toujours vertical. Quelques filons plats ou verticaux de granite franc et d'aplite s'observent dans le proche encaissant.

L'affleurement-clé et ses filons à pendage interne ("cone-sheets")
(Figure 105 ; planche 19, photo 6)

Le meilleur affleurement se trouve à l'endroit où l'oued Amezeguine, après avoir serpenté sur un grand piémont arénisé, atteint la bordure du granite et s'infléchit pour la suivre.

Un petit lambeau d'encaissant, coincé entre la rive droite de l'oued et le granite tout proche, apparaît découpé par de nombreux filons (fig. 105 A). Ceux-ci tranchent à vif la foliation très redressée des gneiss. Ils ont de 5 à 50 cm d'épaisseur. Orientés NE-SW, ils sont à peu près parallèles entre eux et tous inclinés vers le granite, de 5° à 30° seulement. En principe, leur espacement n'excède pas quelques dizaines de centimètres ; mais une tendance à onduler provoque des anastomoses. Quelques minces apophyses ont été émises vers le haut et vers le bas.

Ces filons sont constitués par des microgranites blancs ou grisâtres à tendance granophyrique. Il en existe deux variétés : l'une homogène, l'autre à phénocristaux.

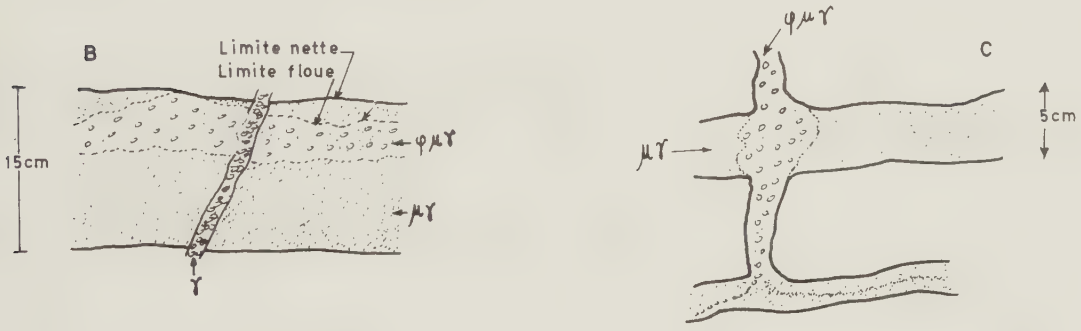
Sous le microscope, le microgranite homogène se montre finement grenu (c'est presque une felsite), mais sans caractères saillants ; ses constituants sont : quartz, orthose, albite subordonnée. Les rares petits phénocristaux sont d'orthose microperthitique, parfois auréolée de micropegmatites en dentelles assez fines.

Dans les variétés porphyriques, les phénocristaux, de taille modeste, se rassemblent quelquefois au point de donner du granite à grain moyen. Ils consistent en quartz (avec des golfes de corrosion) et en orthose à microperthite ; on observe encore quelques couronnes de micropegmatite. La mésostase a la composition du granophyre homogène. Remarquons la pauvreté de toutes ces roches en fluorine.

Les figures 105 B et C représentent quelques détails des relations entre ces deux types pétrographiques. Les microgranites à phénocristaux ont été injectés dans les roches équigranulaires, qui n'avaient pas partout fini de cristalliser. Il leur arrive de passer dans les gneiss. Quelques filonnets verticaux de microgranite porphyrique recoupent franchement les filons plats et les connectent les uns aux autres.

Vue schématique de l'affleurement, en coupe verticale

Figure105-LE CONTACT DE L'OUED AMAZEGUINE ET LES FILONS A PENDAGE INTERNE



Détails (explications dans le texte)

μγ : Microgranite felsitique sans phénocristaux φμγ : Microgranite à phénocristaux

γ : Roche grenue

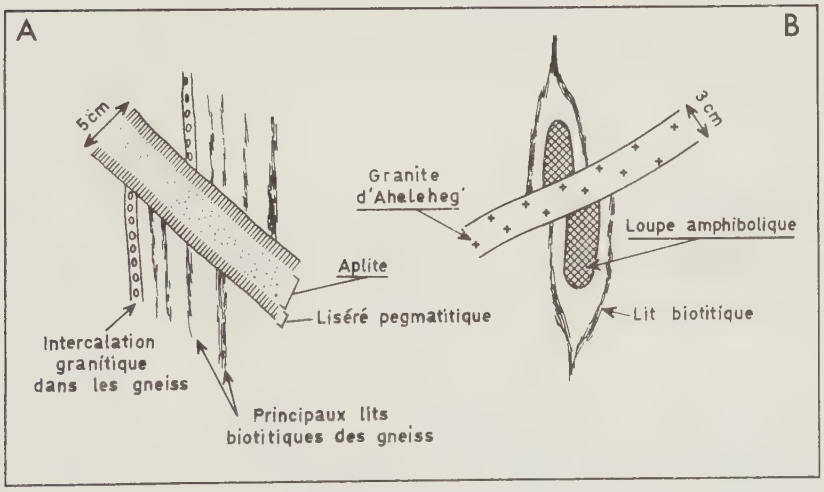


Figure106-FILONNETS A EPONTES DEPLACEES
(Contact de l'Aheleheg' dans l'oued Ouazen)

Le granite franc tranche net ce lacis filonien (figure 105 A). Le contact est vertical ou à fort pendage vers l'intrusion. Sa surface est accidentée de ———— dièdres et rentrants car par endroits, elle coïncide avec les épontes des corps de microgranite. Quelques filons franchement grenus émanent du contact et traversent le réseau avant-coureur. L'un d'entre eux, vrai granite à sa sortie du massif, passe longitudinalement en 2 m à un microgranite porphyrique, tout en diminuant d'épaisseur (celle-ci était de 30 cm au départ).

De l'autre côté de l'oued en s'éloignant du granite, et jusqu'à une centaine de mètres dans le cours d'un petit affluent venu du NW, on retrouve des filons plats de microgranite, mais plus rares et plus épais. Ils s'enfilent évidemment sous les précédents.

Comparaisons. Dans les Taourirts de Tamanrasset, je ne connais pas d'autre exemple d'un tel réseau filonien, que son inclinaison vers le massif apparente à un système de "cone-sheets". La bibliographie (Jacobson et al., 1958) suggère une ressemblance avec les cone-sheets des complexes annulaires de Buji et Amo, en Nigeria : même composition (felsites et microgranites porphyriques), mêmes alternances ou mélanges des deux variétés, même antériorité par rapport aux granites. Toutefois le pendage paraît un peu faible à l'Aheleheg' (5 à 30°), encore qu'il reste modéré à Buji (25 à 45°), et l'on ne peut comparer l'échelle du phénomène, beaucoup plus réduite ici.

Il est intéressant de noter ce point de convergence avec un massif dont la nature subvolcanique ne fait pas de doute.

2.2 - LE CONTACT SUD

La retombée sud du plateau sommital correspond à une dénivellation originelle de la coupole. Des lambeaux de gneiss existent en effet au pied du gradin, plus ou moins protégés par des basaltes récents. Les 2/3 méridionaux du massif affleurent donc juste sous le niveau du

toit, tout comme le 1/3 nord (d'où la présence persistante des microgranites). Non loin des contacts SW et SE, d'autres pendentifs de gneiss reposent dans des creux de la surface apicale.

Il n'empêche que le contact SE est très penté et que la muraille du bourrelet périphérique le domine de 50 mètres. D'où la coupe théorique de la figure 107, page 455. Comme M. Lelubre (1952) puis J. Didier (1959) l'avaient noté, le contact est ici compliqué par un lacis désordonné de filons granitiques. On l'observe notamment à proximité de la piste automobile, en descendant vers l'oued Tadadine par l'Ouest.

Les affleurements de l'oued Ouazen

Au Sud-Ouest, les dalles polies de l'oued Ouazen donnent des affleurements magnifiques, qui se répartissent en aval et en amont d'une entaille NE-SW, bien marquée mais courte.

Sortie aval de la gorge (planche 19, photo 1)

1 - Le contact

Il file presque en ligne droite sur les dalles et paraît subvertical. Des filons sinueux en sortent : épais de 1 m au maximum, verticaux ou plats, ils sont tous constitués par l'association étroite d'aplite et de pegmatite. Grâce à des critères géométriques, on peut vérifier que les filons remplissent des fissurent ouvertes (fig. 106).

A l'échelle du centimètre, le contact n'est pas toujours d'une parfaite netteté. Le grain des gneiss à oligoclase et biotite a légèrement grossi, et l'on note une blastèse d'orthose (1). Il apparaît même un peu de fluorine jusque dans les cloisons à biotite des gneiss francs.

---

(1) Plus loin du contact, on ne retrouve plus d'orthose dans les gneiss malgré leur état anatectique. Le feldspath est donc bien dû à l'influence du granite d'Aheleheg'.

On doit donc conclure à l'existence d'une étroite frange où les gneiss ont subi l'influence du granite : métasomatose potassique et migration des pneumatolytes.

2 - Les faciès de bordure du granite

Près du contact, le granite est très leucocrate. Il renferme de la fluorine et de la topaze. On remarque des nids de pegmatite à quartz, orthose, et longues baguettes de biotite (analyse m.35). Des miaroles creuses apparaissent sur les surfaces altérées. Espacées de 10 en 10 cm, elles ont 1 à 2 cm de diamètre ; quelques unes atteignent néanmoins 10 cm. Beaucoup d'entre elles semblent isolées, d'autres sont connectées par des filets de pegmatite.

Toute cette zone ne dépasse pas 10 m de puissance. Elle est relayée vers l'intérieur par le granite de bordure décrit à la page 440. La grande extension de ce dernier serait liée au voisinage du toit peu incliné du massif, si l'on en juge par la proximité de pendentifs importants.

Amont de la gorge (planche 19, photos 3 et 4)

Un grand pendentif d'encaissant s'allonge sur 1 km vers le NW. Son extrémité méridionale est encadrée par le confluent de l'Ouazen et d'un tributaire. A cet endroit, le contact dessine de fines indentations, comme si le granite avait dilacéré les gneiss (photo 4). Le fait qu'une enclave de 50 cm semble avoir un peu basculé (photo 3) tend à suggérer l'abattage de petits blocs [1].

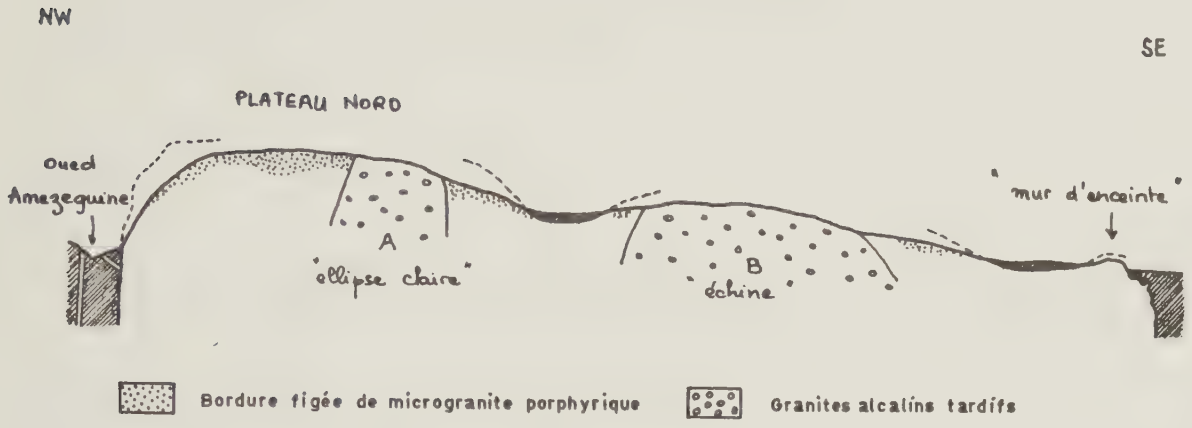
Le granite renferme ici encore des nids de pegmatite. Un liséré blanc de 1 cm le sépare du gneiss. Les petites dents de scie de ce dernier sont parfois estompées dans le détail, et ceci montre qu'une légère assimilation a joué, de même qu'en aval de la gorge.

---

(1) Mais l'ensemble du "pendentif", que l'érosion a conservé dans un creux très marqué de la coupole originelle, ne pourrait-il représenter un grand bloc ayant commencé à s'enfoncer dans le magma ?

2.3 - COMPARAISON DES CONTACTS NORD ET SUD OUEST DE L'AHELEHEG'

Figure 107-COUPE SYNTHÉTIQUE DE L'AHELEHEG'



Nord	Sud
- Affleurements situés à 400 m sous le toit, contre un flanc raide de l'intrusion.	- Affleurements proches du toit, au raccord entre celui-ci et les flancs raides de l'intrusion.
- Surface de contact simple et subverticale.	- Contact localement vertical, mais ondulé dans l'ensemble.
- Régularité et simplicité fréquentes du réseau filonien : panneaux verticaux parallèles au contact, essaim de dykes inclinés vers celui-ci ("cone-sheets").	- Lacis filonien irrégulier.
- Filons de microgranites à tendance granophyrique, et de granite.	- Filons d'aplo-pegmatites.
- Absence presque totale de faciès de bordure (sinon rare et très mince frange aplitique). Pas de pegmatites, pas de miaroles. Peu de fluorine.	- Puissance des faciès de bordure. Pegmatites, miaroles. Fluorine et topaze.
- Contact au couteau, pas d'influence nette sur les gneiss.	- Légère corrosion des gneiss au contact.
- Pas d'enclaves d'encaissant dans le granite.	- Quelques enclaves ± basculées.

Les observations faites au Nord (attitude du contact, existence de panneaux filoniens à très fort pendage) peuvent suggérer une mise en place consécutive à la chute de grandes tranches d'encaissant dans la piscine magmatique.

Au Sud, on assiste plutôt à l'abattage de petits blocs ("piecemeal stoping") ; mais le premier mécanisme n'en est pas exclu pour autant.

CONCLUSION : L'AHELEHEG', INTRUSION DE FAIBLE PROFONDEUR

Le magma de l'Aheleheg' a été mis en place à faible profondeur dans un cadre rigide et froid. Deux faits essentiels justifient cette conclusion :

- l'existence de microgranites apicaux, surtout dans la partie la plus haute de l'intrusion. C'est un bel exemple de "bordure figée". Il y avait incompatibilité totale entre les conditions de genèse de ces microgranites (effet de paroi froide) et le faciès anatectique des gneiss encaissants (intrusion "dysharmonique" de M. Walton, 1955). Le bâti devait être profondément érodé au moment de la mise en place ;

- la nature du felspath potassique : l'orthose est symptomatique d'une cristallisation rapide et à haute température (Marmo, 1967).

Trois autres particularités apparaissent significatives à des degrés divers :

- la brèche d'explosion et les tuffisites du Nord Est, indices d'une activité peu profonde, sinon d'une communication avec la surface ;

- les filons peu inclinés du contact nord, évoquant sur une échelle beaucoup plus modeste les "cone-sheets" de certains complexes subvolcaniques de Nigeria ;

- les cavités miarolitiques du contact SW.

SECTION B

LES MASSIFS DE TANAOUT ET LA "GARA MONIQUE"

1 - LES DEUX MASSIFS DE TANAOUT

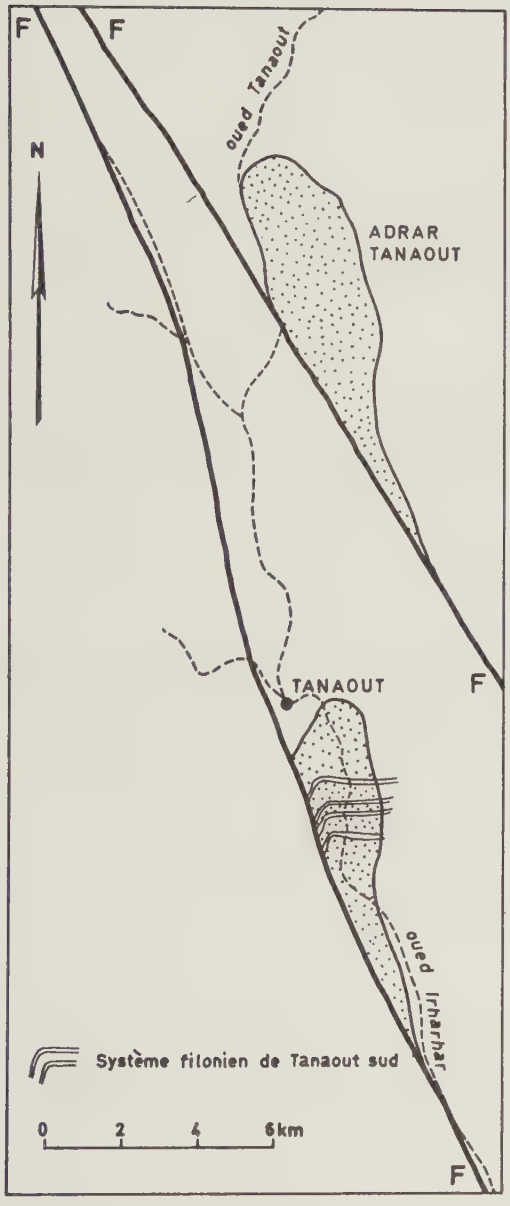


Figure 108 - LES MASSIFS DE TANAOUT

Tanaout est un petit centre de culture, situé dans l'Est de la feuille Tamanrasset. Deux intrusions granitiques existent à proximité. Elles ont été repérées fin 1955 lors d'une reconnaissance en hélicoptère, par P. Bourgeois et P. Launey, géologues au B.R.M.A.. Le massif nord dresse un relief notable mais mou : c'est "l'Adrar Tanaout" (1). Le massif sud, appelé Nemer par R. Byramjee (1957), dépasse à peine le niveau de l'oued Tanaout et s'individualise assez mal (figure 108).

A leur extrémité méridionale, les deux intrusions mordent sur la feuille Azrou-n-Fad. Elles mesurent respectivement 12 et 10 km de long. Très effilées au Sud, un peu renflées au Nord, elles sont bordées à l'Ouest par des failles. L'introduction de la 3ème partie (p. 431) signale l'intérêt de ce dispositif.

Ayant peu étudié ces massifs, je ne les décrirai pas l'un après l'autre et me limiterai à de brèves notations concernant la pétrographie.

---

(1) Toponymie en usage dans le pays, ou désignation créée au B.R.M.A pour les besoins de l'étude géologique, je ne sais.

Principaux caractères des granites de Tanaout

1. Le granite courant est à orthose dominante, avec oligoclase (25 à 28 % An) quelque peu subordonnée. On note un air de famille avec la roche de l'Aheleheg'. La ressemblance est même parfaite dans le Nord du massif sud. En général cependant, le granite est un peu plus grossier à Tanaout, et plutôt porphyroïde, avec des phénocristaux de 2 x 1 cm. Une fluidalité parallèle à l'axe de chaque intrusion se voit nettement.

   Bien plus souvent qu'à l'Aheleheg', l'orthose apparaît zonée. Dans aucun autre massif de l'Ahaggar on n'observe d'aussi belles zonations du feldspath potassique (planche 23, photo 7).

2. Certaines lames minces du granite courant montrent des textures de protoclase. Exemple : un cristal brisé d'orthose, soudé par le même minéral ; la fissure traverse la lame entière et se trouve colmatée tout au long par l'orthose secondaire.

   Mais le domaine d'élection des protoclases semble constitué par un cordon de granite fin à biotite qui occupe l'axe du massif nord et a sans doute précédé le granite grossier.

   De telles textures sont spécifiques des intrusions de Tanaout [1]. Elles sont liées au rejeu des failles bordières pendant l'activité plutonique.

3. Des variations porphyriques à mésostase fine abondent dans l'Adrar Tanaout, surtout vers sa bordure nord. Les phénocristaux - quartz de 0,3 cm, orthose de 1 cm avec couronnes de quartz en gouttelettes - y sont inégalement répartis. La

---

(1) Le meilleur exemple de protoclase rencontré à l'Aheleheg' (fig.104) peut s'expliquer par la rupture accidentelle d'une oligoclase dans le magma (cf. Marre, 1970).

biotite est rare. Sans mode de gisement bien défini, ces microgranites rappellent ceux de l'Aheleheg' [1].

4. Si la fluorine apparaît souvent, on ne rencontre ni la topaze, ni, dans les alluvions [2], la cassitérite. Les pegmatites sont très rares et la mission Bourgeois n'a reconnu de greisen qu'en un seul point. Il existe des corps de leucogranite subalcalin à grain fin, mais on ne reconnaît pas sous le microscope les types albitiques de l'Aheleheg' ; la roche semble ici moins évoluée, moins alcaline (présence d'oligoclase acide).

Conclusion

En considérant la pétrographie des massifs de Tanaout, on est tenté de conclure, comme pour l'Aheleheg', à une mise en place assez superficielle, facilitée ici de surcroît par la synchronisation avec des failles actives.

L'étude des granites du fossé pharusien nous a rendus familiers avec cette notion de massifs bien circonscrits, postérieurs à tous les plis, et cependant contemporains de rejeux d'accidents : rappelons les exemples du Taourirt Ta-n-Ataram, du Teg'orak et de l'Aouilène.

---

(1) Moins ceux du plateau sommital que les roches grises du secteur sud est et de l'abrupt nord.

(2) D'après le rapport Bourgeois, 1956.

2 - LA GARA MONIQUE

Découvert par la mission Bielle 1962, ce petit massif (3 x 2 km) se trouve à 25 km au Sud de Tanaout. Il donne le relief coté 1 115 m dans le SE de la feuille Tamanrasset (coordonnées approximatives : x = 5°56', y = 6°12').

L'intrusion pointe sur le tracé d'une ligne de faiblesse : elle tranche net un réseau filonien d'aplites, à l'endroit où il est le plus serré ; son grand axe, W.NW-E.SE, est parallèle aux filons. D'autre part, elle se trouve sur la droite fictive qui joint les massifs de Taessa, Tessibent et I-n-Tounine. On peut donc envisager un contrôle par l'intersection de deux linéaments.

Le granite dominant de la gara Monique est à grain moyen (2-3 mm). Il comprend :

- Quartz en quantité modérée (25 % maximum).
- Orthose abondante, maclée Carlsbad, peu perthitique, parfois zonée. A l'oeil nu, on délimite nettement les cristaux, qui sont ovales ou subrectangulaires.
- Plagioclase subordonné, souvent inclus dans l'orthose. Il s'agit en principe d'oligoclase zonée, mais on aperçoit des lattes décalcifiées en albite, renfermant le couple séricite + fluorine (voir au chapitre XVIII).
- Biotite en disques assez larges, parfois orientée. Elle est brun-vert, mais tend à se décolorer (influence des phénomènes deutériques).
- Topaze en abondance notable. Fluorine.

Certains détails reflètent l'existence de contraintes pendant la cristallisation : ainsi, des biotites tordues se trouvent incluses dans des biotites intactes ; l'orthose tend à s'autoenglober, comme si des cristaux brisés avaient été repris dans des plages plus tardives. Il semble logique de relier cette protoclase à un faible rejeu de l'accident-guide.

Outre ce granite subalcalin potassique, la gara Monique renferme des masses d'aplite à albite, microcline et topaze. L'orientation occasionnelle de ces roches est encore due aux contraintes synchrones de la cristallisation.

Des masses compactes de greisen surmicacé s'observent à l'extérieur du massif. Elles renferment de la fluorine.

Conclusion

La gara Monique occupe une place un peu à l'écart. Par sa situation géographique et par certains traits de son granite courant - en particulier l'aspect et la nature du feldspath potassique - elle s'apparente à l'Aheleheg' et aux massifs de Tanaout. C'est pourquoi elle se trouve décrite dans ce chapitre. Mais par l'importance des signes d'activité post-magmatique (développement de la topaze et des greisens) elle se relie plutôt à l'axe I-n-Tounine - Taessa, sujet des deux chapitres qui suivent.

Enfin, la forme des greisens (paquets surmicacés et non filons) annonce les massifs du Sud (chapitre XIX).

CHAPITRE XVI

GROUPE DE TAMANRASSET (2) :

L'I-N-TOUNINE ET SES SATELLITES

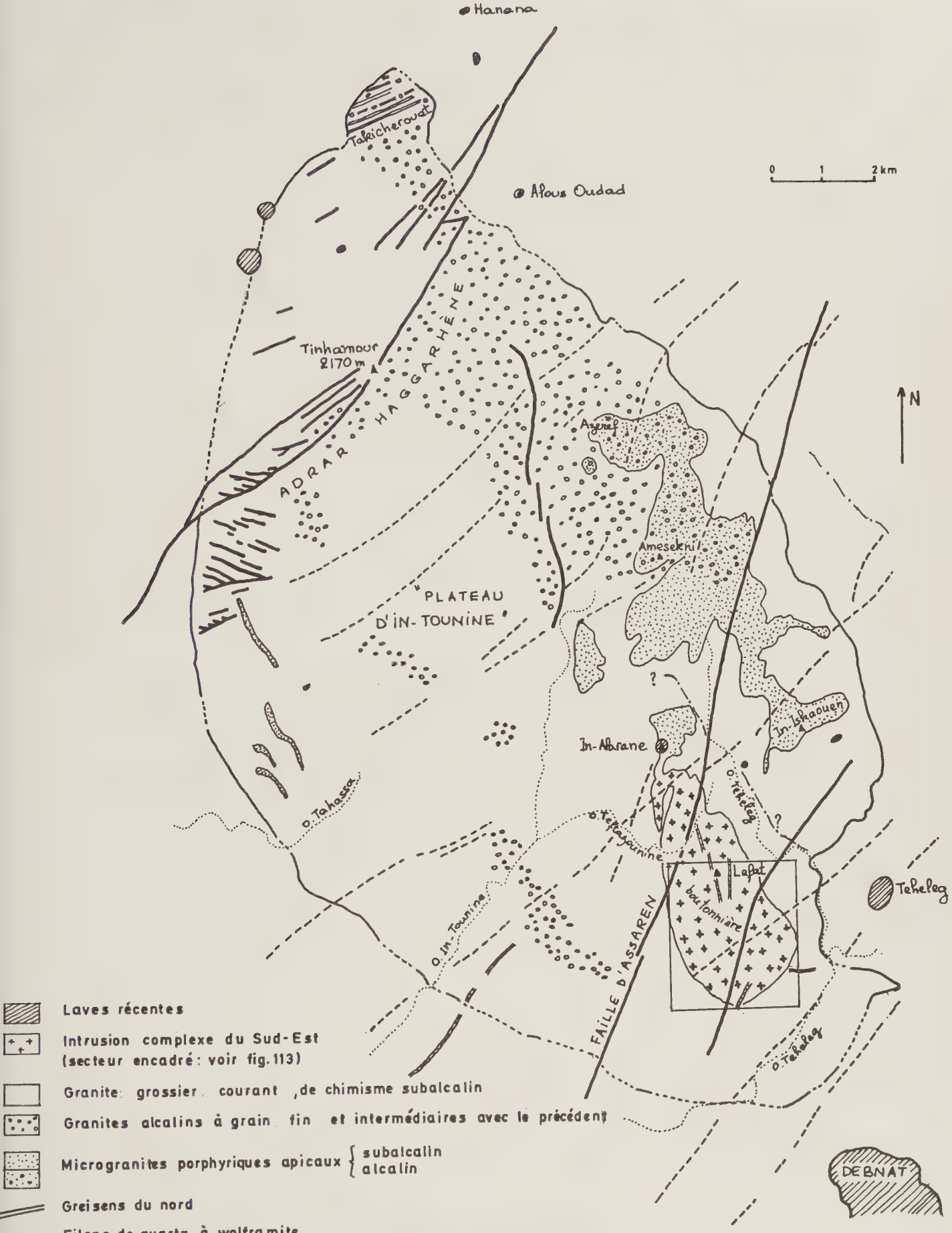
1 - GENERALITES

L'I-n-Tounine devrait être le mieux connu des massifs granitiques de l'Ahaggar. Les géologues du B.R.M.A. puis moi-même l'avions tourné et retourné en tous sens (Illy et Launey, 1955 ; rapport Bourgeois, 1956 ; Boissonnas, 1958-1962, 1959). Pourtant, l'image finale était confuse. Trop de faux problèmes s'étaient accumulés peu à peu. J'ai repris la question pendant quelques jours, fin 1968, mais n'ai pu finir : c'est pourquoi la carte reste schématique dans certains secteurs (fig. 109).

L'ellipse granitique mesure 20 x 12 km, et son centre ne se trouve qu'à 15 km à l'Est de Tamanrasset. Du village, on voit se dresser sur près de 700 m de haut les reliefs septentrionaux de l'intrusion ; il s'agit de l'Adrar Haggarhène, qui atteint 2 170 m au Tinhamour, point culminant d'un énorme filon de quartz et aussi de toute la région de Tamanrasset. Dans la partie centrale du massif, l'altitude des sommets se maintient aux environs de 1 900 m, les vallées (haut oued I-n-Tounine, oued Tiftazounine ...) restant à 1 500 m. Puis le relief s'apaise peu à peu vers le Sud.

Il est assez difficile de se retrouver dans la toponymie : les nomades ne paraissent pas toujours d'accord entre eux sur la désignation de tel ou tel sommet, et les missions du B.R.M.A. avaient multiplié les noms de fantaisie. A quelques détails d'orthographe près, je suivrai les choix de P. Rognon (1967).

Figure 109-CROQUIS DE L'I-N-TOUNINE



Historique des recherches

M. Lelubre (1952) avait reconnu les extrémités du massif. Frappé par certaines ressemblances avec les Younger Granites stannifères de Nigeria, il orienta sur l'I-n-Tounine les premières recherches poussées du B.R.M.A..

Les résultats de cette prospection ont été publiés pour l'essentiel. Il convient de les rappeler avec un certain détail. P. Illy et P. Launey (1955) distinguent 5 types de granite :

1. le granite grossier normal, "type 1" ;
2. un microgranite porphyrique à mésostase fine, "type 2", souvent en enclaves dans les types 1 et 3 ;
3. une variété hétérogène, intermédiaire entre 1 et 2 ("type 3") ;
4. un granite fin à cordiérite ("type 4") ;
5. des variétés alcalines à albite et topaze, de grain en général fin ("type 5").

Ils interprètent l'histoire du massif comme suit. D'abord est monté un magma non différencié. Ensuite (p. 120) "il se produit ... une première différenciation avec mise en place de la lentille de granite à cordiérite et des ring-dykes de granite 2. Puis ces ring-dykes sont digérés partiellement par le granite batholitique avec apparition du faciès 3 à enclaves de granite 2". Une deuxième différenciation donne le granite alcalin.

"La masse batholitique est fixée en granite 1 (granite Taourirt normal), alors que les points apicaux de granulite continuent à être encore un peu mobilisés par des actions pneumatolytiques" (p. 121). Puis se forment les aplites, pegmatites, greisens ; l'histoire prend fin avec les filons de quartz à wolframite et cassitérite.

L'article d'Illy et Launey fait apparaître l'ambiguïté fondamentale des relations entre granite grossier et microgranite porphyrique. On en retire l'impression que pour ces auteurs, le microgranite était à la fois postérieur au granite normal qu'il recouperait sous la forme de "ring-dykes", et antérieur puisqu'en

enclaves dans ce même granite courant. Et c'est bien ce que, globalement, l'on observe. De plus, Illy et Launey associaient avec raison le granite à cordiérite au microgranite et situaient les granites albitiques à leur place dans l'évolution.

Ayant repris l'étude géologique du massif (1958), j'ai précisé un certain nombre de points, mais sans faire progresser le problème sur le fond. Au contraire. L'interprétation se trouvait très marquée par l'idée que le granite grossier dériverait de la recristallisation *in situ* du microgranite mis en place antérieurement. Or nous allons voir qu'il existe deux variétés de porphyre, dont l'une est postérieure au granite grossier : cette dualité, qui explique la plupart des ambiguïtés constatées, restait ignorée à l'époque. Quant au texte de 1962, version remaniée et publiée du précédent, il modifie à tort le gisement du granite à cordiérite.

Juste retour des choses : l'image que je me fais maintenant du massif, si elle ne se confond pas avec celle des géologues du B.R.M.A., s'y rattache de manière directe !

Les principaux types de granite

En fait, l'I-n-Tounine renferme six types de granite, et des variétés intermédiaires.

(1) - Un granite grossier, dit "courant", de chimisme subalcalin.

(2) - Un microgranite porphyrique de composition voisine[1]. Il apparaît dans l'Est du massif, surtout en altitude. Des variétés intermédiaires le relient au granite grossier, une autre jette un pont avec les granites alcalins.

(3) - Des granites alcalins, souvent à topaze. Les plus typiques ont un grain fin. Ils affleurent surtout dans le Nord, le quart NE et la moitié sud du massif.

---

1 Les "microgranites porphyriques" de l'I-n-Tounine sont en toute rigueur des granites porphyriques à mésostase fine.

(4)-(5)-(6) - Trois roches à composition monzonitique, toutes situées dans le Sud Est : un granite assez grossier, un granite fin à cordiérite et un deuxième microgranite porphyrique.

L'ensemble des types (1), (2) et (3) occupe la plus grande partie de l'I-n-Tounine. Il représente un premier massif, où l'évolution s'est déroulée selon le schéma maintenant classique rencontré à l'Aheleheg'. Ce sont les trois derniers types qui confèrent à l'I-n-Tounine son originalité. Ils forment dans le Sud Est une unité distincte, et compliquent beaucoup le tableau.

2 - L'EVOLUTION NORMALE DU MASSIF : LE GRANITE COURANT ET SES VARIATIONS APICALES

2.1 - LE GRANITE SUBALCALIN A GROS GRAIN

Il constitue les parties basses du massif. Tout au long de la bordure SW, le modelé est particulièrement typique : fissuration assez serrée et par endroits très régulière, aspect mamelonné des compartiments que délimitent les diaclases (planche 21, photos 1 et 3).

Description macroscopique

La couleur de cette roche va du blanc crème au rose pâle. Les minéraux se présentent comme suit :

Quartz (25 à 30 % de la roche) : globules de 1 cm au maximum, environnés de grains satellites à tendance bipyramidée.

Feldspaths potassiques : très nombreux, en grains centimétriques à contour émoussé ; on aperçoit aussi des cristaux automorphes, longs de 2 cm au plus, en proportion variable selon les endroits : la texture peut alors devenir porphyroïde. A la pointe SE du massif, apparition sporadique de mégacristaux ovalisés ayant plusieurs cm de long (1).

Plagioclases : nettement moins abondants, nuancés de vert.

Biotite (5 à 8 % de la roche) : grosses paillettes un peu rassemblées ; de loin en loin, amas presque centimétriques.

Sur certains échantillons, les gros cristaux sont séparés par une mésostase peu abondante de petits individus. Là où les feldspaths potassiques ont leurs formes propres, ils dessinent parfois une fluidalité plane d'attitude très variable, que je n'ai pas étudiée systématiquement.

Description des lames minces (planche 23, photos 2 et 3)

- Quartz : il présente des tronçons de contours correspondant à des cristaux hexagonaux, principalement au contact des feldspaths-K. Extinction peu roulante.

- Feldspath potassique : grandes plages maclées Carlsbad d'orthose ou de microcline intermédiaire, présentant un début sporadique de quadrillage. Perthites en rubans anastomosés, d'abondance très variable. Traces d'albitisation (perthites maclées, franges périphériques) ; le moirage du microcline apparaît de préférence près des plages albitisées.

- Plagioclases : cristaux allongés ou trapus, subautomorphes. Le minéral primaire était de l'oligoclase zonée (25 à 28 % An au coeur des cristaux). La zonation était en général progressive, parfois finement oscillatoire. Or on voit de l'albite peu maclée gangrener ces oligoclases par l'intérieur et s'étendre en taches diffuses. Elle renferme des granules de fluorine et beaucoup de fine séricite (voir les photos de la planche 24. L'interprétation de ce phénomène est donnée au chapitre XVIII). Cette décalcification de l'oligoclase paraît d'autant plus fréquente que l'on s'approche des zones apicales, où l'albitisation est envahissante. Il existe en outre des lattes fraîches d'albite, sans séricite. Myrmékite occasionnelle.

- Biotite : brune à l'origine, mais souvent chloritisée en partie. Bordures symplectiques (biotite + vermicules de quartz) au contact des feldspaths.

---

(1) Observation d'apparence anodine ici, mais dont l'importance sautera aux yeux après l'étude des rapakivis du Taessa.

Dans les amas, la biotite est accompagnée de quartz (grains émoussés et vermicules symplectiques) et d'accessoires. Parmi ces derniers, notons du sphène xénomorphe, visiblement secondaire. Aussi pense-t-on à des pseudomorphoses. Pourtant, les contours des amas sont rarement assez réguliers pour authentifier celles-ci. Il se peut qu'avant d'être pseudomorphosés, les cristaux primaires aient perdu leurs formes par résorption partielle dans le magma.

- Accessoires : par ordre d'abondance décroissante : fluorine (plages interstitielles, granules dans les oligoclases albitisées), zircon, apatite, oxydes de fer. Fluorine mise à part, et sauf dans les agrégats micacés, ces minéraux sont peu répandus.

Analyses chimiques

Nous possédons deux analyses de ce granite (n° 75 et 76). La première a été recommencée pour contrôle sur la même poudre : certains résultats obtenus (Al, Fe, Mg notamment) sont assez différents. Il existe aussi des analyses de biotite (m.36 et m.37).

2.2 - LE GRANITE ALCALIN A GRAIN FIN ET LES PHENOMENES PNEUMATOLYTIQUES : ETUDE DU SECTEUR NORD

Le secteur-clé est celui de Takicherouet, qui couvre le Nord du massif entre la piste automobile de l'Assekrem et les failles silicifiées de l'Adrar Haggarhène. Dans les parties basses de la topographie, on ne rencontre que le granite grossier courant. Une longue échine borde le massif au Nord Est : elle est constituée par un granite alcalin à grain fin et par des termes de transition avec le type courant. Le granite fin prend une importance croissante vers le Nord et encapuchonne la pointe de l'intrusion.

Le granite fin, roche blanche et rose à grain millimétrique, renferme :

- quartz tendant à s'isoler ;
- albite (< 5 % An) en lattes bien maclées ;

- feldspath potassique, sans formes caractérisées ni macles de Carlsbad, avec perthites réduites à l'état de rares taches ; abondance inférieure ou égale à celle de l'albite ;

- mica peu coloré (< 5 % de la roche), sans doute lithinifère si l'on en juge par l'analyse m.39 du mica de Hanana, pointement annexe d'aplite (voir ci-après) ;

- fluorine, présente dans tous les échantillons ; topaze fréquente, en grains ± interstitiels. Absence d'autres accessoires, sauf de minuscules zircons ou monazites qui donnent des halos assez étendus dans les micas.

L'analyse 78 est celle d'un échantillon nettement plus riche en feldspath-K qu'en albite. On ne doit donc pas la considérer comme très représentative.

Ce granite n'affleure pas seulement dans ce secteur du Nord. On le retrouve d'un bout à l'autre de l'I-n-Tounine, constituant des corps de forme mal définie, à bords nets ou diffus. Dans le détail, il varie quelque peu (grain, couleur, rapport albite/feldspath-K, teneur en minéraux fluorés, chimisme des micas ...).

Relations avec le granite grossier courant

Entre les granites grossier et fin, il existe toute une série d'intermédiaires. Leurs affleurements consistent en petites parois raides, creusées de "taffoni" (Rognon, 1967 ; planche 1, photos 1 et 2).

Les termes de transition sont hétérogranulaires. Leur chimisme (analyse 77), leur composition minéralogique, voire même leur teinte (blanche pour les plagioclases, très rose pour les feldspaths-K), sont déjà ceux des granites alcalins. On observe moins de perthites, mais davantage d'albite secondaire, que dans le granite grossier : cette néoformation d'albite a donné des plages diffuses et maclées dans les feldspaths-K, ainsi que de petites lattes. Il est possible en outre que certaines des grandes albites dérivent d'une oligoclase dont on ne voit plus le moindre reste : ce serait le terme du processus observé dans le granite grossier (voir aussi au chapitre XVIII).

Déjà fréquente, la topaze se développe dans les albites, avec un aspect plus ou moins blastique qui l'oppose à la topaze en grains des granites fins (planche 24, photos 6 et 7).

A Takicherouet, la gamme des intermédiaires est discontinue dans le détail. En maints endroits, le granite fin se trouve séparé des termes de transition par un contact. Il projette en tous sens des digitations, englobe des îlots de roche intermédiaire. On peut dire que lui-même est hétérogène : ainsi, il comporte des variétés très fines qui sont les plus riches de toutes en topaze et les plus leucocrates, et auxquelles s'associent souvent des lits de pegmatite. Ces pegmatites se multiplient vers le toit du massif.

Dans le restant de l'I-n-Tounine, où le relief est plus accusé, on voit bien comment les granites de transition relayent le type grossier à mesure que croît l'altitude. En particulier, ils sont très répandus dans les reliefs qui cernent le "plateau d'I-n-Tounine" (fig. 109). Là encore, et sur des dénivelées importantes, ils apparaissent creusés de taffoni, au point que la montagne en devient du gruyère (planche 1, photo 1).

Greisens et pointements annexes

Tout au Nord, sur les deux rives de l'oued Takicherouet, le granite fin est lardé par des greisens filoniens à quartz et mica vert clair (lithinifère sans doute), éventuellement aussi à cassitérite, topaze et fluorine. Les filons sont orientés W.SW-E.NE. De minuscules satellites percent les gneiss encaissants à proximité du massif principal. Citons : Hanana, Hananère et Alous Oudad.

- "Hanana" : il s'agit d'un stock d'aplite à zinnwaldite (analyse de roche n° 79, recommencée pour contrôle : 79 bis ; analyse de mica n° m.39). La topaze constitue quelques "phénocristaux" dispersés, centimétriques, et de nombreux petits grains (planche 24, photo 7). Sous la forme de pycnite, elle est bien visible dans une grosse pegmatite qui frange la coupole au SW. Enfin, l'aplite est sillonnée par des filonnets de quartz à cassitérite.

- "Hananère" : c'est un top de quartz fin et topaze, renfermant un peu de cassitérite et de wolframite. Tout autour se remarque une pegmatite très quartzeuse à pycnite, puissante de 1 m (Bourgeois, 1956). On constate ainsi la disparition du feldspath à une certaine distance du massif principal, Hananère étant plus éloigné de ce dernier que Hanana.

- "Alous Oudad" est formé d'une aplite qu'encapuchonne sur 1 m d'épaisseur une pegmatite micacée.

La pointe nord de l'I-n-Tounine s'ennoie très doucement et se trouve prolongée par d'innombrables filons d'aplite qui paraissent amorcer la jonction avec le massif de Tessibent.

Il semble exister aussi des greisens filoniens entre le contact de l'I-n-Tounine et Hanana, mais ils ne sont pas toujours commodes à distinguer des filons antérieurs au granite intrusif (voir plus loin, page 498).

2.3 - LES MICROGRANITES PORPHYRIQUES A CHIMISME SUBALCALIN ET ALCALIN - LEURS RELATIONS AVEC LE GRANITE GROSSIER : ETUDE DU SECTEUR NORD-EST ET EST

Le secteur étudié englobe les hauts sommets allant de l'I-n-Iskaouen à l'Azeref. En altitude, on rencontre des microgranites porphyriques et des variétés qui font la transition avec le granite grossier sous-jacent.

Description des microgranites

L'échantillon montre des quartz de 0,5 cm, des feldspaths potassiques rosés de 1 cm et quelques plagioclases blancs ou blanc verdâtre, dans une mésostase claire dont le grain ne dépasse pas 0,5 mm. La biotite (5 à 10 % de la roche) forme des amas quelconques atteignant jusqu'à 1 cm^2, et se disperse aussi en fines paillettes.

Les lames minces

La mésostase apparaît finement grenue, sans aspects caractéristiques tels que des plagioclases en longs bâtonnets.

Le quartz de la mésostase dessine des processions et des mosaïques de grains émoussés.

Le feldspath potassique est une orthose. Les phénocristaux sont maclés Carlsbad, finement perthitiques, parfois ceinturés par du quartz en gouttelettes ou en coins. Dans la pâte, les macles et les filets de perthite s'avèrent plus rares.

Le plagioclase est tantôt une oligoclase, tantôt de l'albite. Ceci conduit à distinguer deux catégories de microgranite, qui seront détaillées ci-après.

La biotite est en principe brune, mais parfois verdie. Les amas ont la même composition que dans le granite grossier : biotite (mieux formée que celle de la mésostase), quartz, accessoires (dont du sphène secondaire). Les contours apparaissent en général quelconques, mais on rencontre des exceptions (planche 22, photo 2). Nous avons donc bien affaire à des pseudomorphoses de phénocristaux. La cristallisation rapide du microgranite peut expliquer que certains de ces cristaux n'aient pas été en partie résorbés dans le magma.

Les deux variétés de microgranite

- De l'I-n-Iskaouen au Sud de l'Amesekni, le plagioclase des phénocristaux est une oligoclase (en général, An % < 20 ; mais on a mesuré jusqu'à 28 % au coeur d'un cristal), alors que dans la mésostase il consiste en oligoclase acide. Au total, la composition chimique serait comparable à celle du granite grossier, mais je ne dispose pas d'analyse pour m'en assurer (rappelons que ceci semble être le cas à l'Aheleheg' : analyses N^1 à N^4).

- Plus au Nord, de l'Amesekni à l'Azeref, le plagioclase est une albite. La teneur en fluorine augmente dans la roche et la topaze apparaît. Le microgranite devient donc alcalin.

Les deux variétés de microgranite semblent se relayer progressivement. L'albitisation débute sur quelques oligoclases de la pâte ; tout de suite apparaît le couple séricite-fluorine. A ce stade élémentaire, deux plagioclases coexistent donc ; il peut déjà naître un peu de topaze. Sur le terrain, ces modifications se traduisent par un changement de couleur : le rose supplante le gris ou l'ocre du microgranite subalcalin.

Relations avec le granite grossier

A première vue, il y a passage progressif. Mais l'étude de détail met en évidence de petits sauts de granulométrie [1]. Pour la

---

(1) En géologie du granite, il existe moins de passages vraiment progressifs que ne le croient les géologues habitués aux terrains couverts.

plupart, ces contacts ne s'analysent que sur une échelle locale et ne sont guère cartographiables. Ils reflètent sans doute l'irrégularité du régime de la cristallisation. C'est de cette manière qu'était interprété le passage de la bordure figée au granite normal de l'Aheleheg'.

Cependant, en deux endroits, il a été observé un contact net et structuralement important entre le granite grossier et une variété à grain moyen qui englobe les masses de microgranite.

Le premier affleurement (fig. 110) se trouve dans la dépression située entre l'I-n-Iskaouen et le culot basaltique d'I-n-Alarane. Les deux granites changent quelque peu aux abords de leur limite commune : schlieren d'aplite dans l'un, amas feldspathiques dans l'autre. Le contact n'émet aucun filon, et l'on ne remarque pas de critères géométriques permettant de fixer un ordre de succession.

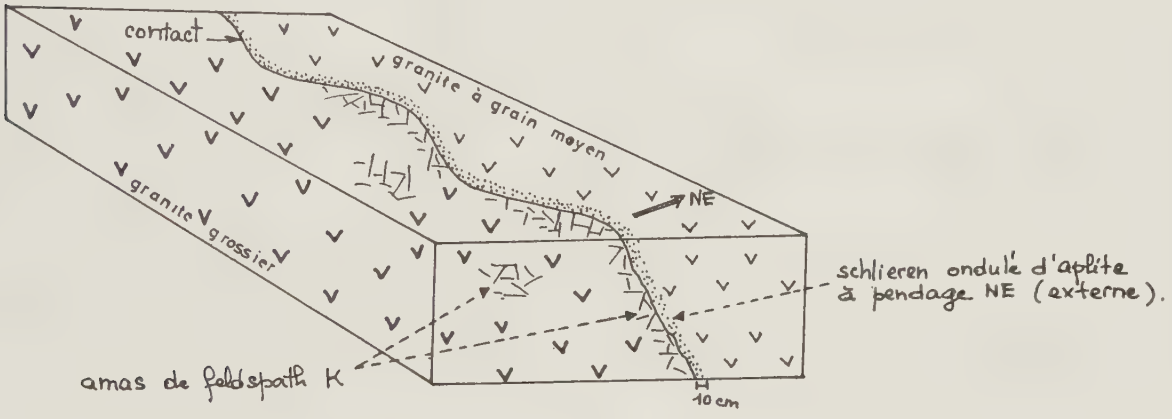


Figure 110

Nous admettrons donc une évolution en partie simultanée. Le liséré d'aplite serait une mini-bordure figée du granite à grain moyen contre le granite grossier ; ce dernier avait donc commencé à cristalliser plus tôt. Quant aux ondulations du contact, elles traduiraient la coexistence de deux milieux visqueux qui ne s'interpénétraient guère.

Une deuxième série d'observations peut être faite dans le petit bassin alluvial qui se trouve à 1 km au Nord d'I-n-Alarane (fig. 111). Insistons en particulier sur la concordance des fluidalités planes. Ici encore, les granites sont sensiblement contemporains.

Figure 111

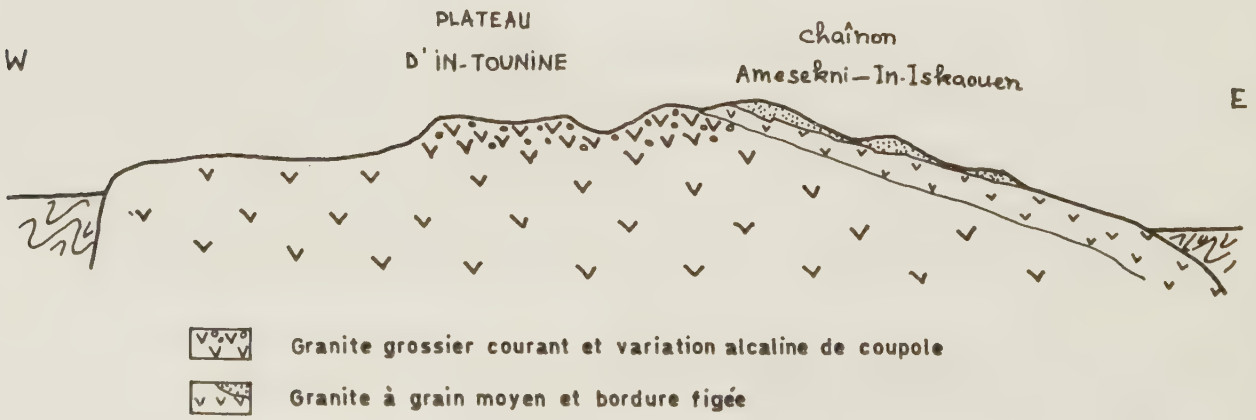
Exemple schématisé de relations entre le granite grossier (en bas) un granite à grain moyen (au milieu) et le micro-granite apical.

Vue en coupe verticale.

Interprétation structurale

N'ayant pas filé le contact sur le terrain, je ne puis en préciser la signification à l'échelle du massif. Il semble toutefois possible de proposer les grandes lignes d'un schéma (fig. 112).

Figure 112-COUPE THÉORIQUE DE L'I-N-TOUNINE



Le contact séparerait deux domaines. A l'Ouest, une zone constituée surtout par du granite grossier et, en altitude, par les termes de transition avec le granite alcalin tardif. A l'Est, un secteur moins étendu, englobant l'affleurement continu mais ramifié de microgranites qui va de l'I-n-Iskaouen à l'Amesekni, sinon à l'Azeref (voir la carte, fig. 109).

Le domaine oriental est en position apicale (1), et ses microgranites représentent une bordure figée. D'après l'affleurement de la figure 110 , cet ensemble oriental serait apparu un peu après le début de la cristallisation du granite grossier. Il correspondrait à du magma mis en place à la faveur d'un léger affaissement du massif ; ceci n'est qu'une hypothèse, mais de tels décollements n'ont rien pour surprendre dans une intrusion supercrustale de ce type, et la suite du chapitre nous en fournira de bons exemples (2).

2.4 - L'EVOLUTION NORMALE DU MASSIF D'I-N-TOUNINE

(Ambiguïté de la notion de bordure figée)

L'I-n-Tounine est avant tout un massif de granite subalcalin potassique, à orthose et à oligoclase plus ou moins décalcifiée. Mais les phénomènes de coupole ont joué un rôle considérable. Ils présentent un double aspect :

---

(1) En dessinant la figure 109, j'ai supposé que le contact se prolonge jusqu'à une inflexion de la limite granite-encaissant, bien visible à l'Ouest du Teheleg.

(2) La carte (figure 109) montre des alignements de microgranite porphyrique au Nord de l'oued Tahassa, qui draine l'Ouest du massif. L'allure générale est filonienne, mais le détail des contacts ne semble pas toujours franchement intrusif. Il peut s'agir de dykes d'alimentation d'une chape apicale de porphyre.

1 - Une évolution tardive des parties apicales, marquée par un enrichissement en sodium et en alumine, ainsi que par une certaine diminution du potassium (analyses 75 à 79) [1]. Silice et chaux ne varient guère, sauf dans l'aplite de Hanana où leurs teneurs baissent. Le fluor passerait de 2 000 ppm environ à plus de 7 000 ppm [2]. D'après les analyses de micas (m.36-37 d'une part, m.39 de l'autre), il est certain que le lithium augmente aussi.

2 - L'apparition d'une bordure figée de microgranite porphyrique. Cette carapace est peut être moins liée au granite courant qu'à une unité indépendante et un peu plus jeune. Elle devait atteindre 200 à 300 m d'épaisseur. Vers le Nord, elle renferme albite et topaze : à la texture près, la roche ressemble alors aux granites alcalins dont il vient d'être question. D'où l'idée que ces microgranites porphyriques eux aussi sont tardifs et correspondent à la cristallisation rapide de magma résiduel. L'expression "bordure figée" reste applicable, à condition de ne pas la lier par principe à une cristallisation précoce.

---

(1) Voir aussi le diagramme de la figure 120. Je n'y ai pas reporté les analyses données par Illy et Launey (1955), faute d'avoir vu les échantillons et de connaître leur attribution précise. Mais l'on pourrait à la rigueur prendre en compte les analyses P1, P7 et P8, et confirmer ainsi les tendances indiquées par les analyses 75 à 79.

- P1 : granite grossier, en réalité un intermédiaire avec le type alcalin si l'on en juge par la position du prélèvement (1 000 à 1 500 m à l'Ouest de l'Amesekni).
- P7 et P8 : granite alcalin. Le lieu d'échantillonnage est inconnu ; il peut s'agir aussi du granite alcalin de la "boutonnière" (voir ci-après), ce qui ne change rien sur le fond.

(2) Ordres de grandeur donnés à titre tout à fait indicatif sur la foi de quelques dosages inédits, (B.R.G.M.).

Cependant la présence occasionnelle du couple séricite-fluorine dans les grandes albites en lattes témoigne pour celles-ci d'une origine par décalcification d'oligoclase (voir au chapitre XVIII). Dans ce cas, les microgranites alcalins sont d'anciens microgranites moins alcalins, modifiés par des réactions postmagmatiques. La notion de bordure figée garde ici son sens classique.

3 - UN MASSIF DANS LE MASSIF : L'INTRUSION COMPLEXE DU SUD EST, DITE "DE LA BOUTONNIERE"

Une intrusion de 4 x 2 km traverse le granite courant dans le Sud Est du massif, entre la faille d'Assaren et l'oued Teheleg. Elle donne dans le paysage une large intumescence (planche 20, photo 1) qui culmine au Lafat, sommet dont la crête coïncide avec un filon de quartz à wolframite. Les géologues du B.R.M.A. ont nommé "boutonnière d'I-n-Tounine" (expression discutable mais commode), un couloir déprimé d'environ 2 500 x 500 m, qui traverse tout le secteur avec une orientation W.NW-E.SE (planche 20, photo 5). L'essentiel de cette étude (§3.1 à 3.3) concerne la "boutonnière" et ses environs immédiats, secteur très original, qui ressort assez nettement sur la photo NF 31 XVII-XVIII n° 541. Un domaine annexe (§ 3.4) prolonge le précédent d'à peu près 2 km vers le NW, jusqu'au culot basaltique d'I-n-Alarane.

3.1 - LES GRANITES DE LA "BOUTONNIERE" : ETUDE PETROGRAPHIQUE

Sur les quatre variétés de granite reconnues dans le secteur, trois sont franchement calco-alcalines. Les coeurs des plagioclases atteignent souvent l'andésine. Il y a autant ou davantage de feldspath potassique que de plagioclase, presque jamais moins : d'où une compo-

sition qui oscille entre celles des granites monzonitiques et des granites calco-alcalins banaux. La teneur en biotite atteint ou dépasse 10 %, et la fluorine semble beaucoup moins abondante que dans le restant du massif.

Il existe en sus un granite alcalin à grain fin.

Le granite calco-alcalin du Lafat

De grain moyen à grossier, il est en général porphyroïde, mais l'espacement des phénocristaux varie beaucoup. Le type le plus grossier se laisserait confondre sur le terrain avec le granite banal du massif, n'était la couleur plus blanche de ses feldspaths et son association à des roches tout autres.

Sous le microscope, la confusion ne paraît plus possible. Le granite calco-alcalin se signale par la basicité du plagioclase (An 28 à 35 % au coeur des cristaux), par une relative pauvreté en fluorine, souvent aussi par le dessin anguleux des quartz. Autre détail spécifique, les plagioclases ne sont guère décalcifiés.

Le microgranite porphyrique

Ce "porphyre" encadre le plancher de la boutonnière et, grâce à sa patine sombre, ressort très bien sur la photo aérienne. Il donne des empilements de boules noires et lisses, tandis que ses dalles très altérées sont d'un gris verdâtre foncé (planche 20, photo 3). D'un gris soutenu, semé de beaux phénocristaux (orthose dominante et oligoclase ou andésine), il renferme jusqu'à 15 % de biotite. Une proportion notable du minéral est concentrée dans des amas de 2 mm environ, dont les formes indiquent souvent qu'il s'agit de pseudomorphoses (planche 22, photos 5 et 6) : surtout d'anciennes biotites ou cordiérites (amas hexagonaux), mais aussi des amphiboles. La biotite finement dispersée de la mésostase matérialise une vague fluidalité planaire, horizontale le plus souvent.

Etude au microscope

Les phénocristaux. Les quartz sont hérissés de pointes et d'apophyses anguleuses. Le plagioclase va de l'oligoclase > 20 % An jusqu'à l'andésine moyenne (près de 40 % An), et montre davantage de zonations oscillatoires que dans le restant du massif. Le feldspath potassique est de l'orthose peu perthitique, parfois auréolée de micropegmatite ; il exhibe parfois une fine zonation.

La mésostase. Sa texture est à feldspaths subautomorphes. Le quartz, comme celui des phénocristaux, a des contours nettement plus anguleux que dans les microgranites (sub-alcalins), et même que dans le granite du Lafat (planche 23, photo 1) : il dessine des coins, des lames aiguës. Beaucoup de micropegmatite, tantôt fruste, tantôt fine et serrée. A la description ci-dessus des feldspaths, ajoutons l'existence de quelques accolements de plagioclases en synneusis. Hormis la fluorine, peu répandue, il y a davantage d'accessoires que dans le restant du massif.

Ce microgranite a donc une tendance granophyrique. L'annexe III en donne deux analyses chimiques (1) (n° 83 et 84). Nous disposons aussi d'une analyse de la biotite (m.38).

Le granite calco-alcalin à nodules de cordiérite

L'I-n-Tounine est le seul Taourirt à receler de la cordiérite. L'aspect tacheté (ou noduleux) du granite est caractéristique (planche 20, photo 7). Les nodules mesurent environ 1 cm de long. Assez irrégulièrement espacés, ils dessinent une sorte de réseau à maille décimétrique, mais peuvent aussi être rassemblés en processions sinueuses. Leur couleur va du vert glauque au brun, selon le degré d'altération. Chaque nodule s'entoure d'une auréole blanche de 2 mm.

Le granite est blanc, fin, très pauvre en phénocristaux (toutefois, près du microgranite, apparaissent quelques grosses orthoses rectangulaires). La biotite dessine comme dans le microgranite voisin une fluidalité planaire subhorizontale. Elle ne constitue plus d'amas.

---

(1) Trois si on compte l'analyse 82, mais l'échantillon provient d'une autre masse, non décrite ici, dont l'attribution est mal connue.

L'altération, facile ici, conduit à une teinte fauve assez typique. Elle donne surtout des empilements de galettes friables, dont le débit semble conforme à la fluidalité planaire ; mais on note aussi des boules craquelées à patine brune.

Etude au microscope

Quartz. Les cristaux sont anguleux, un peu moins toutefois que dans le microgranite porphyrique du voisinage. On aperçoit encore des associations micropegmatitiques.

Feldspaths. Leur nature est la même que dans le microgranite : orthose automorphe, peu perthitique, maclée Carlsbad, parfois zonée ; andésine sodique, également automorphe, bien zonée jusque dans l'oligoclase, présentant des doubles macles albite-Carlsbad. Le plagioclase semble ici un peu subordonné à l'orthose : tout au moins, il ne forme que de petites baguettes à allongement marqué, l'orthose donnant des cristaux plus gros.

Les nodules de cordiérite. Très comparables à ceux que décrit J. Lameyre (1966) dans les leucogranites circonscrits de Montaigut-en-Combrailles et de la Pierre-qui-Vire, ils sont constitués à égalité par une cordiérite assez fraîche et par du quartz en grains émoussés. On y voit en outre quelques grains de biotite et d'orthose. Les auréoles blanches renferment les minéraux normaux du granite, moins la biotite.

La cordiérite constitue parfois des cristaux d'allure globuleuse, plus souvent des masses allongées et sans forme définie. Il n'y a pas de macles, l'extinction est simultanée dans toute l'étendue d'un nodule et l'indice paraît élevé pour la cordiérite (environ 1,56), ce qui indique une forte teneur en fer. Les clivages sont soulignés par un début de pinitisation.

Il existe un peu de muscovite, surtout au voisinage des nodules. Le plus souvent, elle a un aspect très blastique ; mais on aperçoit aussi des paillettes bien formées qui s'associent à la biotite. La fluorine est rare, comme dans le microgranite voisin.

L'analyse n° 86 [1] semble peu représentative. On s'étonne en particulier de la faible teneur en Al_2O_3. Il faut reconnaître que la représentativité de l'échantillonnage était rendue aléatoire par l'espacement très variable des nodules de cordiérite. L'analyse donnée par Illy et Launey (1955) paraît plus satisfaisante (n° P6).

---

(1) Publiée dans Boissonnas (1962) avec une transcription et une utilisation erronées des chiffres portant sur SiO_2 et Al_2O_3.

Le granite alcalin de la boutonnière

Un granite blanc et rose à albite et microcline (analyse 87) occupe le plancher de la boutonnière, sauf à ses deux extrémités. Son grain est de l'ordre du mm. Mais une variété plus grossière, bourrée d'amas centimétriques de micas verdâtres et à tendance miarolitique, affleure dans les parties basses de la topographie, à l'Ouest comme à l'Est. Fluorine et topaze paraissent moins abondantes que dans les granites équivalents du Nord. Par contre le mica est encore lithinifère (environ 1 % de Li_2O) (1), avec un 2V faible ; ses cristaux sont incolores ou d'un brun très pâle, interstitiels et néanmoins bien dessinés grâce à leurs contours en tronçons rectilignes. A ce mica peut s'ajouter un peu de muscovite à 2V plus grand, blastique aux dépens des feldspaths.

---

(1) Analyse semi-quantitative.

3.2 - LE PENDENTIF D'ENCAISSANT ET LES RELATIONS MUTUELLES DES GRANITES DE LA "BOUTONNIERE"

Figure 113-LA "BOUTONNIÈRE" D'I-N-TOUNINE ET SES ENVIRONS

Granite grossier d'I-n-Tounine

Intrusion complexe du Sud-Est
- Microgranite
- Granite fin à nodules de cordiérite
- Granite grossier du Lafat et termes de transition au microgranite
- Granite alcalin

Alluvionnements

Pendentifs d'encaissant

Filons de quartz à wolframite

Microdiorites

Failles (a: faille d'Assaren)

Signes de pendage des contacts

A A Tracé de la coupe fig. 114

B B Tracé de la coupe fig. 115

① Tronçon ① du contact de la fig. 116

Les lambeaux de formations encaissantes

Un bloc d'encaissant subsiste dans l'Est de la boutonnière, en contrebas des buttes de microgranite porphyrique. Il mesure 200 x 150 m. Sa constitution : un granite monzonitique à petits yeux de microcline et à cloisons de biotite. Ce type de roche est connu à l'extérieur du massif, non loin de là : il forme l'auréole du pluton à bords diffus d'Anfeg. Au bord sud de l'affleurement, on voit une microdiorite quartzique dont une deuxième et minuscule occurrence existe plus à l'Ouest. La même microdiorite constitue un filon anté-I-n-Tounine dans l'encaissant oriental, et l'on peut vérifier l'alignement parfait du filon et de ses fragments enclavés.

Ces lambeaux de formations encaissantes constituent selon toute probabilité un pendentif. Nous verrons ci-après que la boutonnière jalonne un ensellement originel du toit : le pendentif devait donc s'allonger vers l'W.NW au-dessus de la dépression actuelle.

Relations du microgranite porphyrique et du granite à cordiérite

Cette étude se trouve contrariée par l'altération des roches et par les éboulis. Il semble exister un passage progressif, étalé sur quelques mètres. On voit le microgranite perdre la plupart de ses phénocristaux et blanchir, puis les nodules apparaître.

Le granite à cordiérite affleure systématiquement au pied des buttes couronnées par le microgranite porphyrique. Il passe donc sous ce dernier, détail que la carte fait clairement ressortir.

L'étude des fluidalités planaires permet d'affiner les conclusions. Les biotites des deux roches sont disposées à plat dans la boutonnière et sur son bord sud : ceci confirme la superposition lue sur la carte. Mais en s'éloignant vers le NE en direction du granite grossier d'I-n-Tounine, on voit la fluidalité basculer vers celui-ci, dont la limite passe en contrebas : la structure dessine donc un dôme, tout comme la surface topographique. On constate à cette occasion que l'épaisseur originelle du microgranite diminuait vers le bas (figure 114).

En revanche, sur le versant SW du Lafat, la fluidalité plonge vers la boutonnière : la pente est structurale (fig. 115). A cet endroit, comme plus à l'Est autour des pendentifs d'encaissant, la boutonnière correspond à un sillon originel de la coupole.

Figures 114 et 115 - RELATIONS SPATIALES DES GRANITES DE LA "BOUTONNIERE"

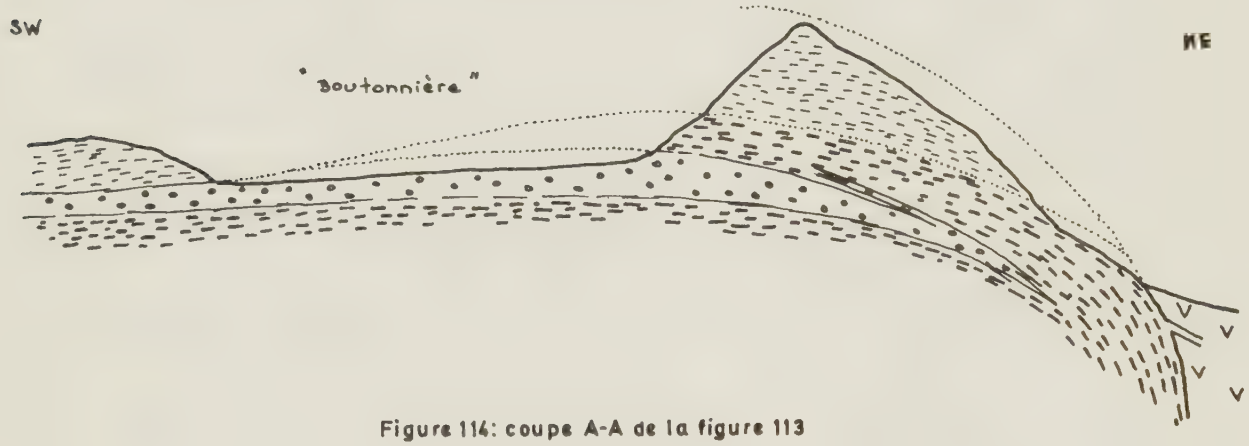


Figure 114: coupe A-A de la figure 113

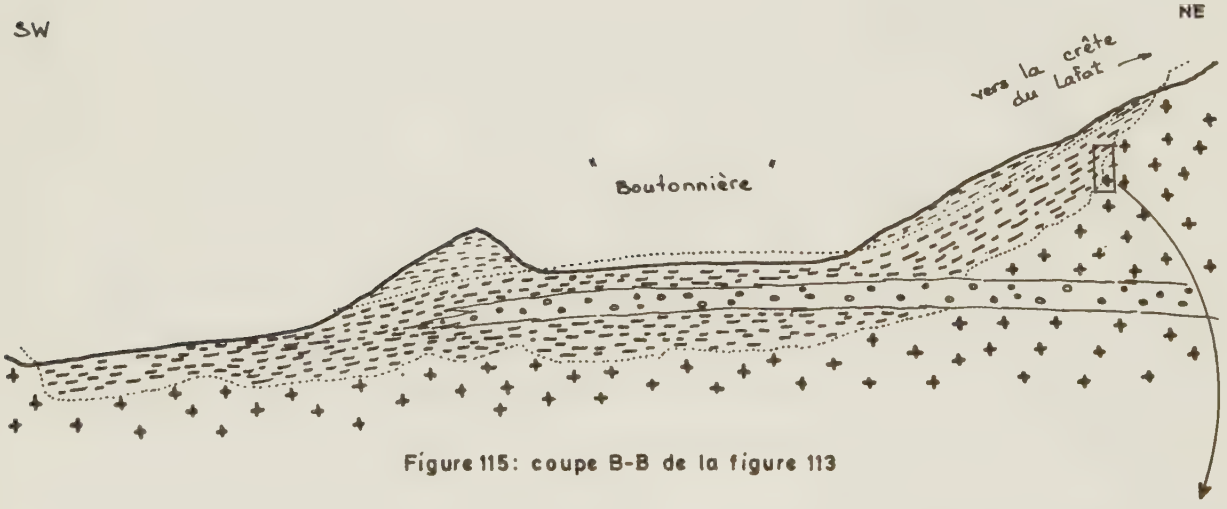


Figure 115: coupe B-B de la figure 113

Granite alcalin

Le microgranite porphyrique et sa fluidalité planaire

Le granite à cordiérite et sa fluidalité planaire

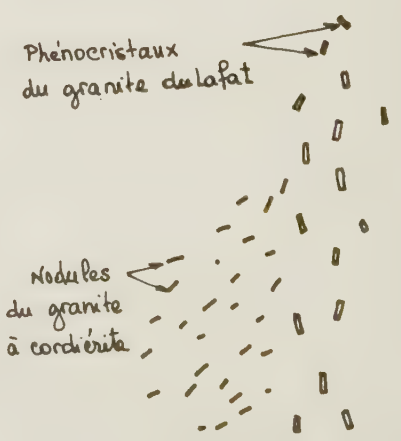
Granite calco-alcalin du Lafat

Granite grossier courant d'I-n-Tounine

Echelle horizontale commune aux deux coupes ∿ 100m

Figure 115 B

Détail des relations entre le granite du Lafat et le granite à cordiérite : discordance des fluidalités



Rapports entre le granite grossier du Lafat et les granites fins (microgranite, granite à cordiérite)

En gros, les granites fins reposent sur le granite grossier. Mais celui-ci monte plus ou moins haut et sa limite s'avère très redressée par endroits, notamment sur les pentes du Lafat.

Le granite grossier se trouve tour à tour en contact avec l'un et l'autre des granites fins. Il passe par saccades au microgranite. Une grande partie du domaine représenté par de petites croix sur la figure 113 montre cette imbrication des faciès. Au milieu de secteurs largement cristallisés, il subsiste des zones assez diffuses que l'on peut rapporter au microgranite. Les phénocristaux envahissent certaines dalles, en épargnent d'autres.

Les affleurements rappellent ceux du sommet de l'Aheleheg'. Pour les expliquer, le plus simple est d'admettre que le magma cristallisait à vitesse variable. Les zones de microgranite résultent d'une prise rapide. Le magma restant se figeait peu à peu, donnant des roches de plus en plus grossières. Les portions encore fluides pouvaient "couler", se mélanger aux parties plus ou moins consolidées ; d'où les concentrations de phénocristaux que l'on observe souvent (1).

Le granite grossier et ses termes de passage au microgranite sont en contact net avec le granite à cordiérite. Cette limite, telle qu'on peut l'observer sur le versant ouest du Lafat, apparaît irrégulière, mais au total très redressée. Les fluidalités seraient quelque peu discordantes (fig. 115 B), celle du granite à cordiérite semblant la plus ancienne. Cependant, nous ne pouvons en conclure à une réelle antériorité du granite à cordiérite : le contact n'est pas assez net pour cela et ne fournit pas de critères géométriques. La discordance locale des fluidalités s'interprète mieux par les mouvements d'un magma cristallisant à vitesse variable.

---

(1) Mon hypothèse de 1958-62, celle du microgranite évoluant en granite par recristallisation dans le solide, ne peut tenir devant les preuves d'une origine magmatique pour les roches de toutes les granulométries (automorphie des minéraux, zonations oscillatoires, synneusis ...).

Contacts du granite alcalin de la "boutonnière"

Le granite alcalin s'emboîte dans le granite à cordiérite et dans le microgranite avoisinant (fig. 113 et 114). Vers sa bordure, il se charge en muscovite. Toujours très franc, le contact est jalonné par un banc de pegmatite, épais de 1 cm à 1 m ("stockscheider"). A chaque extrémité de la boutonnière, un feuillet du granite alcalin sort dans le granite à cordiérite (fig. 113 et 114).

Signalons deux autres affleurements du granite alcalin : l'un au Sud, encore associé à du granite à cordiérite dans une petite "boutonnière" annexe ; l'autre à l'Est, au contact du granite grossier d'I-n-Tounine.

Conclusion à l'étude des rapports entre les granites de la boutonnière

Vis-à-vis du granite grossier du Lafat, le couple microgranite-granite à cordiérite forme une bordure figée ; l'érosion a épargné celle-ci dans un ensellement de la surface apicale (fig. 115). Par endroits, le magma du granite grossier tendait à reprendre sa bordure encore peu consolidée (fig. 115 B).

Le granite alcalin est le plus jeune du secteur. On peut lui supposer un mode de gisement en lame et envisager par surcroît que tous les affleurements de cette roche correspondent à un corps unique.

3.3 - CONTACTS DES GRANITES DE LA "BOUTONNIERE" ET DU GRANITE GROSSIER D'I-N-TOUNINE

- Cas du microgranite porphyrique

Un contact très incliné s'observe à l'Est. Le microgranite émet tout un réseau de filons interconnectés, les uns verticaux, les autres à faible pendage vers l'extérieur (Boissonnas 1962, photo 8). Ces corps filoniens ont la composition du microgranite, à ceci près qu'ils peuvent être dépourvus de phénocristaux et plus riches en micropegmatite (textures granophyriques). Mais en s'éloignant du contact, on les voit se rétrécir, perdre leur biotite et devenir plus alcalins : il y a ainsi passage latéral à des aplites d'aspect ordinaire.

Plus au Sud, un autre groupe de filons peu inclinés tapisse les dalles de la rive droite de l'oued Teheleg. Bien que l'érosion ait détruit tout raccord avec le microgranite, il s'agit certainement de formations analogues.

Le microgranite porphyrique de la boutonnière est donc postérieur au granite grossier d'I-n-Tounine (1).

- Cas du granite à cordiérite

A l'extrémité orientale de la boutonnière, nouveau contact net, incliné vers l'extérieur (fig. 114). Le granite noduleux, avec sa fluidalité ténue qui reste parallèle au contact, passe sous le granite grossier à fluidalité plus redressée. Les nodules disparaissent 1 m avant la limite.

Le granite à cordiérite étant synchrone du microgranite, on n'est pas surpris de voir qu'il recoupe lui aussi le granite grossier d'I-n-Tounine.

- Cas du granite alcalin

La conclusion s'impose d'emblée. Cette roche est postérieure au granite à cordiérite. A plus forte raison doit-elle recouper le granite grossier : c'est bien ce que l'on observe avec le corps oriental de granite alcalin, qui émet des filons d'aplites vers l'extérieur du massif.

- Cas du granite calco-alcalin à gros grain (type Lafat)

J'ai étudié ses relations à l'Est et au Nord du Lafat (figure 116).

---

(1) J'avais cru voir une preuve de reprise d'un filon par le granite grossier encaissant (Boissonnas, 1962, photo 9). Revu en détail, l'affleurement peut s'interpréter d'une autre manière. Point n'est besoin de supposer, comme en 1962 (p. 30), que les filons sont antécédents et ont été respectés par la "granitisation" qui aurait donné le granite grossier.

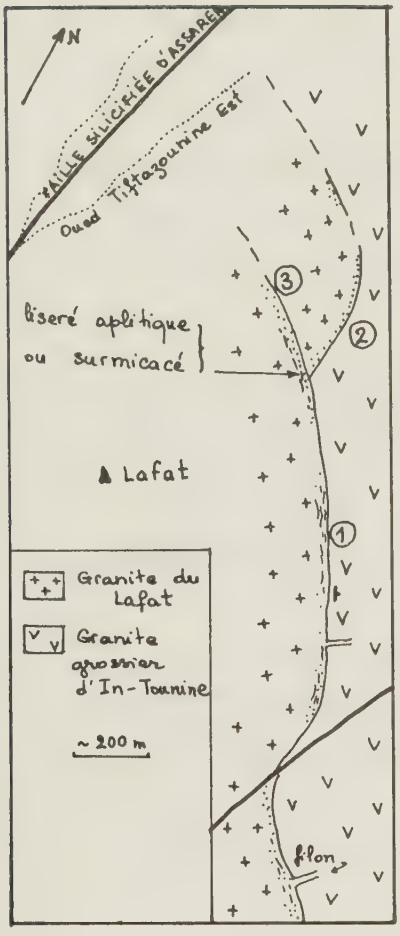


Figure 116

Premier tronçon. Au Sud, même type de contact que celui du microgranite ou du granite tacheté. Le granite du Lafat émet des filons ; quelques minces schlieren clairs ou micacés le bordent. Mais peu à peu, les filons disparaissent et l'allure intrusive du granite grossier s'atténue. Arrive un point où le contact paraît se diviser en deux (tronçons 2 et 3).

Deuxième tronçon. Contact de moins en moins net, sans filons. On le perd par endroits quand le liséré d'aplite, déjà très mince (2 ou 3 cm), s'interrompt. Arrivés dans l'oued Tiftazounine Est, nous n'observons plus de limite tranchée : à sa place, quelques mètres d'une zone de passage où abondent les enclaves microgrenues à composition et texture banales de granite.

Troisième tronçon. Il prolonge le premier, avec pratiquement les caractères du second.

Interprétation. Aucun doute tout au long du premier tronçon : le granite calco-alcalin, comme le microgranite et le granite tacheté, recoupe le granite courant à gros grain.

Pour le deuxième tronçon, la conclusion sera plus nuancée. Il y a soit synchronisme des deux roches, soit postériorité légère du granite calco-alcalin dont la cristallisation se montre faiblement perturbée contre le contact.

Troisième tronçon : même interprétation, à ceci près que la rupture se place à l'intérieur de l'unité calco-alcaline. Autrement dit, celle-ci serait le résultat de deux pulsations successives, la seconde marquant un décalage vers le Sud. La structure se lit d'ailleurs assez bien sur la photo aérienne NF 31 XVII-XVIII, n° 541.

Faute d'échantillons en nombre suffisant, il n'a pas été possible de suivre le phénomène au laboratoire. Dans le secteur nord, où le contact est le moins net, le granite "calco-alcalin" du Lafat diffère-t-il vraiment du granite courant, qui est subalcalin ? Rien de moins sûr, et la question se posera de nouveau dans la zone Tiftazounine - I-n-Alarane, étudiée plus loin (§ 3.4). Il est plus prudent d'admettre que le granite "calco-alcalin" ne répond pleinement à cette étiquette que dans la zone sud, qui correspond à la seconde pulsation magmatique.

Conclusion :

Il existe donc une intrusion complexe dans le Sud Est de l'I-n-Tounine, qui regroupe un granite calco-alcalin, sa double bordure figée de microgranite porphyrique et de granite fin à nodules de cordiérite, un granite alcalin tardif. Pourquoi cet ensemble paraît-il plus circonscrit au Sud qu'au Nord ?

1- D'abord parce que le magma est monté en deux saccades successives.

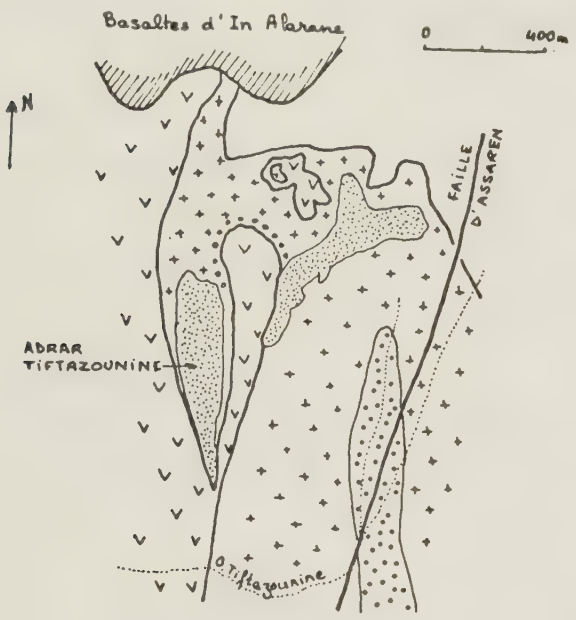
2- Ensuite parce que le niveau d'érosion s'élève dans cette partie de l'I-n-Tounine, si l'on en juge par la conservation d'un pendentif d'encaissant et par le volume croissant de microgranite apical à l'affleurement.

Il est normal qu'une pulsation tardive de magma, survenant avant la consolidation complète du massif, paraisse plus circonscrite dans la zone apicale qui s'est refroidie en premier.

Nous ignorons malheureusement ce qui se passe au contact sud de "l'intrusion complexe". La photo aérienne 541 laisse supposer que la limite est formée de tronçons bien rectilignes, dispositif pouvant suggérer une mise en place dans un matériel déjà rigide (fig. 113).

3.4 - LE PROLONGEMENT DE L'INTRUSION COMPLEXE VERS LE NORD OUEST (ADRAR TIFTAZOUNINE)

Fig.117-CROQUIS DU CHAÎNON DE L'ADRAR TIFTAZOUNINE



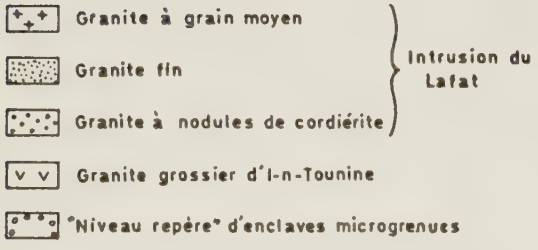


Fig.118-COUPE DE L'ADRAR TIFTAZOUNINE

Jusqu'à présent, j'ai décrit l'intrusion complexe de la "boutonnière" comme si elle s'arrêtait contre la faille d'Assaren ((a) sur la figure 113). Or ce n'est pas le cas. Très rétréci, le granite à cordiérite "franchit" la faille et passe dans le vallon de Tiftazounine Ouest (fig. 117). Les autres granites calco-alcalins, moins porphyriques ici qu'autour de la "boutonnière", s'étendent jusqu'au chaînon Adrar Tiftazounine [1] - I-n-Alarane. Il en résulte une géologie compliquée et toute en nuances (figures 118 et 119).

Détail des observations

1. Moitié sud de l'Adrar Tiftazounine

Le granite grossier courant forme le soubassement de cette crête (fig. 118, et Boissonnas 1962, photo 7). Au-dessus d'un contact net et peu incliné, on observe un granite à grain moyen. Ce dernier est récent, puisqu'il se raccorde à des filons verticaux dont la fluidalité, parallèle aux épontes, recoupe celle du granite grossier, disposée à plat.

Plus haut dans la pente et jusqu'au sommet, affleure un granite monzonitique à grain fin (analyse 84). Le passage de

---

(1) Assaqaffan de mon article de 1962.

cette roche au granite à grain moyen est progressif au Nord, plus brutal au Sud où l'on voit même le granite fin se faire découper en enclaves métriques d'allure fuselée.

La vraie coupure se place donc au contact du granite grossier. Le granite fin du sommet ne serait qu'une variation du granite à grain moyen, peut-être une bordure figée [1]. Les enclaves fuselées attesteraient alors que celle-ci a été disloquée dans un milieu incomplètement cristallisé (cf. Didier, 1964 ; Pécher, 1971).

L'analyse 81 est celle d'un échantillon du granite à grain moyen. Elle ne révèle pas de différence évidente avec le granite grossier, mais d'autre part, la lame mince montre des signes d'évolution secondaire (développement de grandes muscovites) qui ont pu fausser le diagnostic. Ne disposant pas d'autres échantillons, je n'attribuerai pas un qualificatif de composition au granite à grain moyen ; admettons toutefois que cette roche correspond au granite calco-alcalin assez grossier des environs de la "boutonnière".

2. Moitié nord de l'Adrar Tiftazounine (versant oriental)

Tout autour de la tête du vallon qui longe le flanc est de l'Adrar et dans les moutonnements qui séparent ce point de l'I-n-Alarane, le granite à grain moyen reste en contact net avec le type grossier ; il recèle d'innombrables enclaves microgrenues qui semblent avoir à peu près sa composition. On peut vérifier dans la paroi de l'Adrar Tiftazounine que ces dernières disparaissent vers le haut. D'où l'apparence d'un véritable banc repère à enclaves, analogie renforcée par la faible inclinaison du contact.

Les fluidalités des deux granites sont concordantes et restent parallèles au contact. Il n'existe donc plus de preuve d'une succession bien définie.

---

(1) La proximité du toit paraît vraisemblable. Le granite à cordiérite affleure à 100 ou 200 m en contrebas ; or il serait lui-même un élément de bordure figée. Ici encore, comme dans la "boutonnière", devait se placer un ensellement du toit.

Au pied sud-est de l'I-n-Alarane, un filon plat de porphyre calco-alcalin recoupe le même granite à enclaves microgrenues (fig. 119) ; mais le contact se dilue par endroits, détail qui tend à montrer que le hiatus chronologique entre les deux roches était faible.

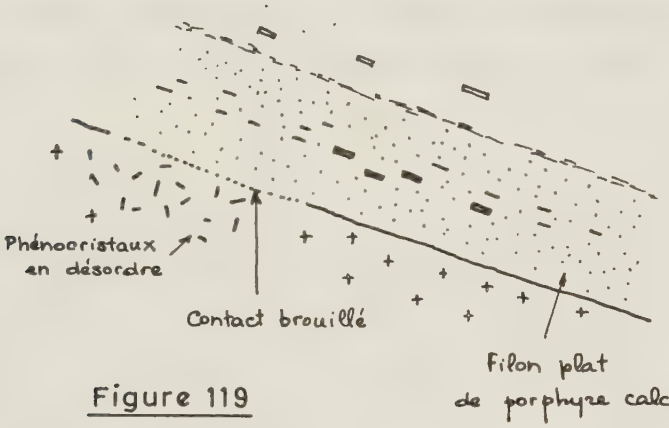


Figure 119

3. Jonction avec le secteur de la "boutonnière"

Il arrive que tout contact avec le granite grossier disparaisse. Tel est le cas à la tête de l'oued Tiftazounine Ouest. Le passage se fait en quelques mètres ; on aperçoit alors de nombreuses enclaves microgrenues, qui d'ailleurs sont plutôt situées dans le granite à grain moyen. Même observation dans l'oued Tiftazounine Est, où se fait la jonction avec le tronçon n° 2 de la limite représentée sur la figure 116.

Conclusion

Sans trop chercher à entrer dans les détails, disons que le granite à grain moyen, équivalent possible du granite calco-alcalin de la boutonnière, semble recouper le granite grossier d'I-n-Tounine, mais que le contact fait parfois place à un passage progressif ; ceci

incite d'ailleurs à se demander s'il n'y aurait pas eu deux pulsations rapprochées de magma, la seconde étant la plus calco-alcaline. Il existerait au moins deux termes fins, l'un (Adrar Tiftazounine s.str.) étant subcontemporain du granite à grain moyen, l'autre étant plus jeune et formant des filons mieux circonscrits mais moins puissants.

Nous retrouvons donc l'hypothèse des deux pulsations de magma calco-alcalin, qui expliquait le dispositif dans le Nord de la "boutonnière" (tronçons 2 et 3, fig. 116).

Insistons enfin sur la localisation remarquable des enclaves microgrenues. Ce problème mériterait d'être réétudié en détail. A première vue, les enclaves paraissent avoir une composition voisine de celle du granite calco-alcalin ambiant. Je supposerai donc qu'elles représentent des portions du magma calco-alcalin, saisies au contact du milieu moins chaud qu'était le granite subalcalin grossier en cours d'évolution.

3.5 - L'INTRUSION COMPLEXE DU SUD EST : RESUME ET DISCUSSION

Le secteur sud-est, centré sur ce qu'on a pris l'habitude d'appeler "la boutonnière d'I-n-Tounine", est un véritable massif dans le massif. Il comprend deux parties. Au Sud, un domaine bien individualisé, sorte d'intumescence où les granites - essentiellement un type monzonitique et des variétés apicales à grain fin - sont en moyenne plus calco-alcalins que la normale de l'I-n-Tounine. L'ensemble recoupe à l'emporte-pièce le granite courant à gros grain, et ceci avec d'autant plus de netteté que le toit semble plus proche.

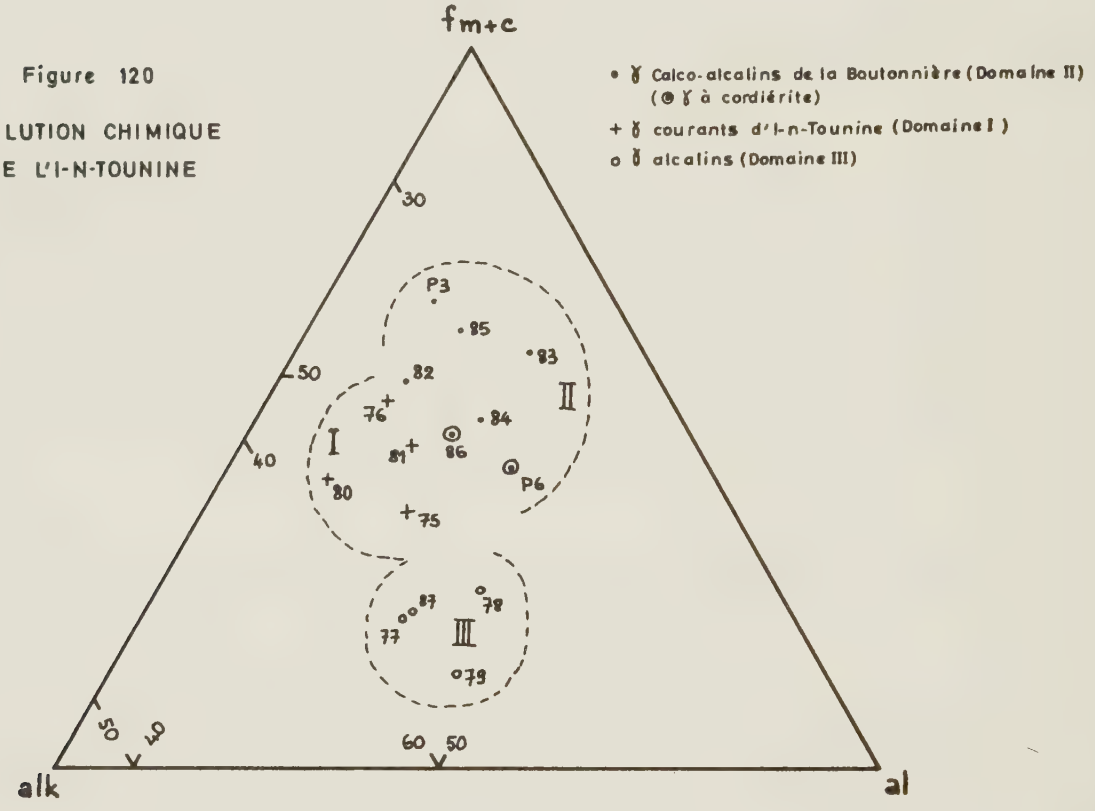
Au Nord, on observe un effilochage en panneaux plus ou moins filoniens, ainsi qu'une mise en place par saccades rapprochées. La plus ancienne de ces venues est presque synchrone de la cristallisation du granite courant et semble avoir à peu près le chimisme de celui-ci. Elle aurait son équivalent dans le Nord Est du massif, avec les porphyres subalcalins qui paraissent moins liés au granite courant qu'à des corps mis en place séparément.

Evolution chimique

Mes prélèvements pour analyses ont précédé cette nouvelle manière de comprendre l'I-n-Tounine. On regrettera surtout l'absence d'échantillons du granite calco-alcalin, lequel était confondu avec le granite grossier courant. Toutefois, cette lacune se trouve en partie comblée par l'article d'Illy et Launey (1955).

Figure 120

EVOLUTION CHIMIQUE DE L'I-N-TOUNINE



Comme prévu, l'intrusion du Sud-Est est plus riche en alumine et en chaux que le restant du massif. Ses termes calco-alcalins s'individualisent nettement sur le diagramme de la figure 120 (1).

L'évolution vers le granite alcalin (analyse 87) semble caractérisée par une constance relative du paramètre al, ce qui n'était pas le cas avec l'évolution dite normale (analyses 75 à 79).

---

(1) De ce diagramme, j'ai éliminé l'analyse P4, faute d'avoir pu connaître le lieu de prélèvement. Au sujet des échantillons Illy-Launey, voir la note infrapaginale, page 476.

Origine de l'intrusion calco-alcaline

L'apparition tardive des granites monzonitiques s'inscrit à contre courant de l'évolution normale de l'I-n-Tounine. On ne voit pas comment faire différencier l'unité calco-alcaline à partir du magma subalcalin originel. Il semble donc nécessaire d'invoquer un épisode distinct de fusion en profondeur.

Le problème du granite à cordiérite

Il a été signalé plus haut (p. 480) que certaines descriptions de J. Lameyre (1966) évoquent tout à fait les nodules d'I-n-Tounine : elles insistent sur l'appartenance en propre à la paragenèse granitique (1), sur la localisation préférentielle dans des faciès de bordure, et sur le fait que les nodules renferment toujours à peu près 40 % de quartz, comme des associations micropegmatitiques décrites au Japon.

F. Conquéré (1969) s'attaque au cas de la cordiérite en prismes plus ou moins automorphes. Résumant les données expérimentales, il indique en particulier que la cordiérite riche en fer, appartenant au stade principal de la cristallisation, s'est formée à basse pression et haute température. Ces conditions semblent bien avoir régné à l'I-n-Tounine.

La cordiérite en nodules dans les massifs circonscrits est encore un problème en suspens.

---

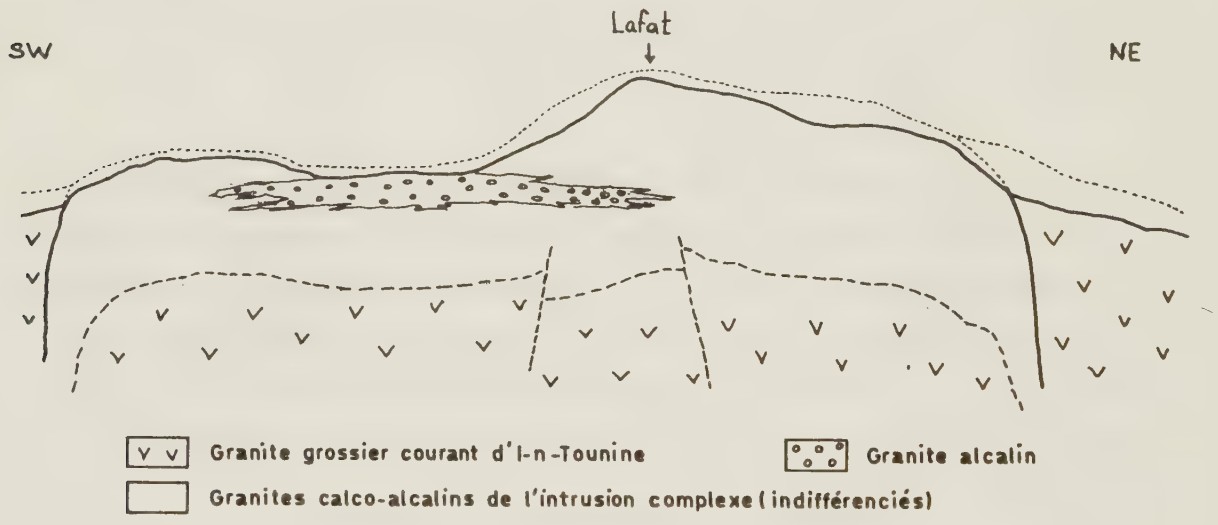
(1) Ces nodules ne résultent donc pas de l'assimilation de roches alumineuses, et ne sont pas davantage des restites.

Forme de l'intrusion complexe de "la boutonnière"

Grâce à l'étude de la fluidalité planaire et des contacts, nous savons que l'intumescence du Sud-Est, là où elle est bien individualisée, avait un sommet tantôt plat, tantôt ondulé, et des flancs redressés.

Il existe par ailleurs quelques indices ténus de déplacements verticaux : les "pelures d'oignon" peu inclinées de granite alcalin dans le granite à cordiérite, les feuillets plats de granophyre émis par le microgranite dans le granite grossier d'I-n-Tounine.

Figure 121-COUPE SCHÉMATIQUE DE L'INTRUSION COMPLEXE DE LA BOUTONNIÈRE



Il est donc tentant d'admettre que l'intrusion complexe de la boutonnière a la forme d'un épais feuillet (figure 121). Le magma serait monté à la faveur d'un jeu de piston ("cauldron subsidence"). Si l'érosion avait décapé davantage le secteur, on observerait maintenant des filons courbes ou polygonaux, et c'est en ce sens qu'Illy et Launey (1955) n'étaient pas si éloignés de la vérité quand ils faisaient allusion à des "ring-dykes". De telles masses filoniennes apparaissent d'ailleurs confusément dans la zone nord (Tiftazounine - I-n-Alarane), qu'on peut estimer être la plus érodée.

4 - QUESTIONS DIVERSES (CONTACT EXTERNE DE L'I-N-TOUNINE, MINERALISATIONS, MASSIFS SATELLITES)

4.1 - CONTACT AVEC L'ENCAISSANT (planche 21, photos 1 et 2 ; pl. 20, photo 6)

Les faciès de bordure varient beaucoup en puissance : importants au Nord - grâce notamment à l'ennoyage très doux du massif -, atteignant quelques mètres au SE, où le contact est encore peu incliné, ils sont très réduits tout au long du contact ouest, qui est subvertical et affleure sans doute à un niveau plus profond.

Les meilleurs affleurements se trouvent au SE, dans l'oued Teheleg. On y observe en alternance des lits de granite porphyroïde et des bancs de granite plus fin. Ce rubannement en grand est renforcé à plus petite échelle par des schlieren biotitiques. Des cavités miarolitiques se remarquent à l'extrême pointe SE du massif. Aucune observation ne nous livre le mécanisme de la mise en place, mais la ligne brisée du contact, telle qu'on la voit aux gueltas de Teheleg sur des dalles polies, suggère l'abattage de blocs métriques.

Le massif émet des filons. Entre les oueds I-n-Tounine et Tahassa, ils se multiplient au point de brouiller le contact et consistent en puissants panneaux de granite à grain moyen apparenté au type grossier banal. Tout au Nord, l'encaissant paraît haché de filons parallèles à l'axe du massif. Beaucoup d'entre eux ne sont autres que le granite alcalin à grain fin et amorcent un raccord avec le massif de Tessibent ; mais des confusions sont possibles avec les filons anté-I-n-Tounine du réseau régional.

Les filons NE-SW, et le problème de leur appartenance à l'I-n-Tounine

L'Aheleheg' a déjà fourni l'occasion de soulever ce problème. Le réseau lié à l'I-n-Tounine comprend les filons mentionnés plus haut, des greisens, des filons de quartz à cassitérite ou wolframite (voir ci-après), et enfin quelques granophyres internes en feuillets peu inclinés (1). Il paraît exclu que les grands dykes de microgabbro, si apparents dans le paysage, appartiennent en propre à l'I-n-Tounine : ils s'étendent trop loin. M. Lelubre (1952) était déjà de cet avis. De même pour les quelques microgranites du secteur, et surtout pour les grands filons de quartz. Ces derniers bréchifient les microgabbros. Leur plus beau représentant est le réseau de l'Adrar Haggarhène, long de plusieurs dizaines de kilomètres, qui injecte une faille importante à regard nord. Rappelons un fait bien connu (Rognon, 1967), qui est l'alignement de plusieurs culots volcaniques récents à proximité de ce grand accident (Adriane, Adaouda ...).

---

(1) Moins caractéristiques que ceux de l'Aheleheg' (planche 19, photo 7), ces "granophyres" sont des granites aplitiques avec développement occasionnel de micropegmatite autour de petits phénocristaux. On les connaît surtout au Sud-Est, où ils recoupent le granite grossier. Certains d'entre eux, mentionnés à la page 486, sont issus de l'intrusion de la boutonnière.

4.2 - MINERALISATIONS PRIMAIRES

Les principaux éléments ont déjà été publiés (Illy et Launey, 1955 ; Boissonnas, 1962). Voici un bref résumé de ce qui concerne les minéralisations primaires (1).

Minéralisations primaires

Les géologues du B.R.M.A. ont suggéré qu'une partie de la cassitérite des fonds de batées, en cristaux d'environ 1 mm, était dispersée dans le granite grossier des secteurs ouest et NW, où se rencontre aussi une quantité notable de monazite.

Certaines pegmatites proches du toit renferment aussi de la cassitérite. Quant aux gîtes filoniens, seuls à présenter un intérêt réel, ils sont de deux sortes :

- Des greisens, surtout nombreux dans le granite alcalin qui encapuchonne la pointe nord du massif. Ces filons sont orientés NE-SW ; on en trouve dans l'encaissant jusqu'aux abords du stock annexe de Hanana. Outre le quartz et un mica verdâtre qui semble lithinifère, ils contiennent assez souvent de la fluorine, de la topaze, et sporadiquement de la cassitérite.

- Des filons à gangue de quartz et à épontes souvent greisénisées. Leur puissance est en moyenne de 5 à 10 cm. Les principaux d'entre eux (crête du Lafat, etc...) rayonnent autour de la boutonnière (fig. 113). Minéralisés surtout en wolframite, ils ne restent pas

---

(1) Alors que les minéralisations primaires ne sont pas négligeables, les gisements alluvionnaires restent très limités, par la faute du climat et par celle d'une topographie défavorable (à l'Aheleheg', le dispositif topographique est bon mais il n'y a pas de gisement primaire ...).

exclusivement dans les granites calco-alcalins : on en connaît jusque dans le granite subalcalin grossier du massif. Il paraît *a priori* tout indiqué de les considérer comme liés à l'évolution finale du granite alcalin.

A l'autre extrémité de l'I-n-Tounine, des filonnets de quartz à cassitérite sillonnent l'aplite de Hanana.

Partout, il importe de noter l'absence de la tourmaline. Le béryl n'a été rencontré qu'une seule fois dans un filonnet de pegmatite à wolframite situé en bordure est du massif (Bielle et al., 1962).

4.3 - LES GRANDS SATELLITES DE L'I-N-TOUNINE

Il est commode de considérer comme satellites de l'I-n-Tounine : au Nord, Tessibent ; au Sud, les massifs encadrant le Debnat. Sont exclus de cette brève étude, pour avoir été signalés plus haut, les minuscules pointements éparpillés à proximité de la pointe septentrionale de l'I-n-Tounine : Hanana, Hananère, Alous Oudad ...

Tessibent

Le rapport Bourgeois et la thèse de P. Rognon font connaître ce massif de 5 x 1,5 km, dont je n'ai en fait parcouru que le Sud. On retrouve des roches connues à l'I-n-Tounine : le granite alcalin à grain fin, surtout présent dans la moitié orientale de l'intrusion, et les variétés hétérogranulaires qui font la transition avec le granite grossier, inconnu ici. Le contact avec l'encaissant est jalonné par des pegmatites stériles (grands lits à quartz-feldspaths, inclinés vers l'extérieur, miaroles...). D'autres pegmatites, rencontrées un peu partout dans l'intrusion, renferment parfois topaze, cassitérite, wolframite (Bourgeois, 1956) et béryl (Bielle, 1962). Il existe des greisens, très peu minéralisés mais débordant jusqu'à 200 m dans l'encaissant. Enfin, le rapport Bourgeois signale de la columbotantalite dans les fonds de batée.

Avec sa forme allongée et l'ennoyage très doux de son extrémité méridionale, le Tessibent n'est que l'apex d'un massif plus important. Peut-être se raccorde-t-il à l'I-n-Tounine, dont la partie nord (Takicherouet) renferme les mêmes variétés de granite. Rappelons qu'entre les deux massifs s'étend un champ de filons NW-SE, rapportés au granite albitique fin.

Ibechteroram - Telet Melet

Ces noms désignent les deux parties presque jointives d'une échine tortueuse, longue de 5,5 km, apex d'un autre massif enfoui. Je n'ai touché que le Nord du chaînon, ne rencontrant que du granite alcalin banal, fin, à biotite foncée et albite-microcline. Les rapports Bourgeois et Bielle laissent pressentir une composition homogène tout au long. Greisens et minéralisations (quartz à wolframite ou à cassitérite) n'ont pas d'intérêt. La pneumatolyse semble moins poussée qu'à Tessibent : le Nord de l'I-n-Tounine et la région avoisinante semblent donc privilégiés à cet égard.

La coupole anonyme de Debnat-Ouest

Il s'agit d'un pointement circulaire, n'ayant que 1 km de diamètre. Même composition que le précédent. Une étude détaillée du mica serait intéressante : on voit en lame mince la biotite brune se décolorer progressivement (ceci accompagne sans doute une teneur croissante en Li). Une pegmatite injectée dans l'encaissant renferme du béryl. Fait important, l'intrusion tranche un grand filon SW-NE de microgranite, appartenant au réseau régional.

Conclusion. Bien que peu étudiés sur le plan de la pétrographie, les grands satellites de l'I-n-Tounine complètent notre connaissance du massif en nous montrant l'aspect que devait avoir ce dernier avant le travail de l'érosion. A l'image de certaines régions apicales dont subsistent des restes, ils renferment une dominante de granites alcalins à chimisme sodi-potassique et fluoré. Tous ces massifs se réunissent-ils en profondeur pour ne former qu'un seul grand pluton ? Peut-être pas, mais on peut considérer comme probable la jonction de deux d'entre eux : Tessibent et I-n-Tounine.

CONCLUSION : MISE EN PLACE ET EVOLUTION DE L'I-N-TOUNINE

Comme son voisin d'Aheleheg' dont il était question au chapitre précédent, l'I-n-Tounine se présente avant tout comme un massif typiquement intrusif de granite subalcalin potassique à orthose et oligoclase. Sa faible profondeur de mise en place est attestée par la nature du feldspath potassique, plus encore par l'extension des microgranites apicaux à tendance localement granophyrique.

Dans ses grandes lignes, l'évolution est simple : elle se résume à un enrichissement progressif des parties apicales en Na, Li et F. C'est pourquoi l'albite supplante l'oligoclase, la zinnwaldite (ou une biotite lithinifère) apparaît au lieu de biotite ferrifère, la fluorine abonde, souvent aussi la topaze ; le béryl est connu dans certaines pegmatites et l'on a trouvé une minéralisation stannowolframifère non négligeable. Rappelons enfin l'absence de la tourmaline. Une évolution similaire se manifestait à l'Aheleheg', mais seulement dans deux secteurs limités : d'où la pauvreté relative des minéralisations.

L'I-n-Tounine présente la particularité d'être traversé par un véritable massif dans le massif, nettement plus calcique et moins fluoré. Cet "I-n-Tounine bis", qui paraît s'être individualisé par saccades vers le Sud, comporte une double bordure figée de microgranite monzonitique en position externe et de granite calco-alcalin à nodules de cordiérite. Il a évolué pour son propre compte comme l'ensemble du massif en donnant une lame de granite alcalin sodipotassique.

CHAPITRE XVII

GROUPE DE TAMANRASSET (3) : LE MASSIF DE TAESSA

Annexe :

Les granites circonscrits de l'Atakor septentrional (Abarga-Idelès, Abdassène) et le problème de leurs relations avec les Taourirts de Tamanrasset

Malgré les difficultés d'accès, on a fini par se faire une idée du Taessa. Mes quelques itinéraires s'ajoutaient aux raids des prospecteurs du B.R.M.A. et du B.R.G.M. (Illy, 1956 ; Roumy, 1963), qui eux-mêmes étaient partis des données fournies par M. Lelubre (1952).

Ce grand massif mesure 37 km de long sur 10 à 11 km de large. Les laves récentes en masquent presque partout la bordure orientale ; toutefois, la carte de M. Girod (1971), qui recense les quelques fenêtres de socle éparpillées dans le domaine volcanique, permet de deviner où passe cette limite. L'extrémité sud a une individualité certaine. C'est l'unité de "Torak", longue de 8 km (figure 125).

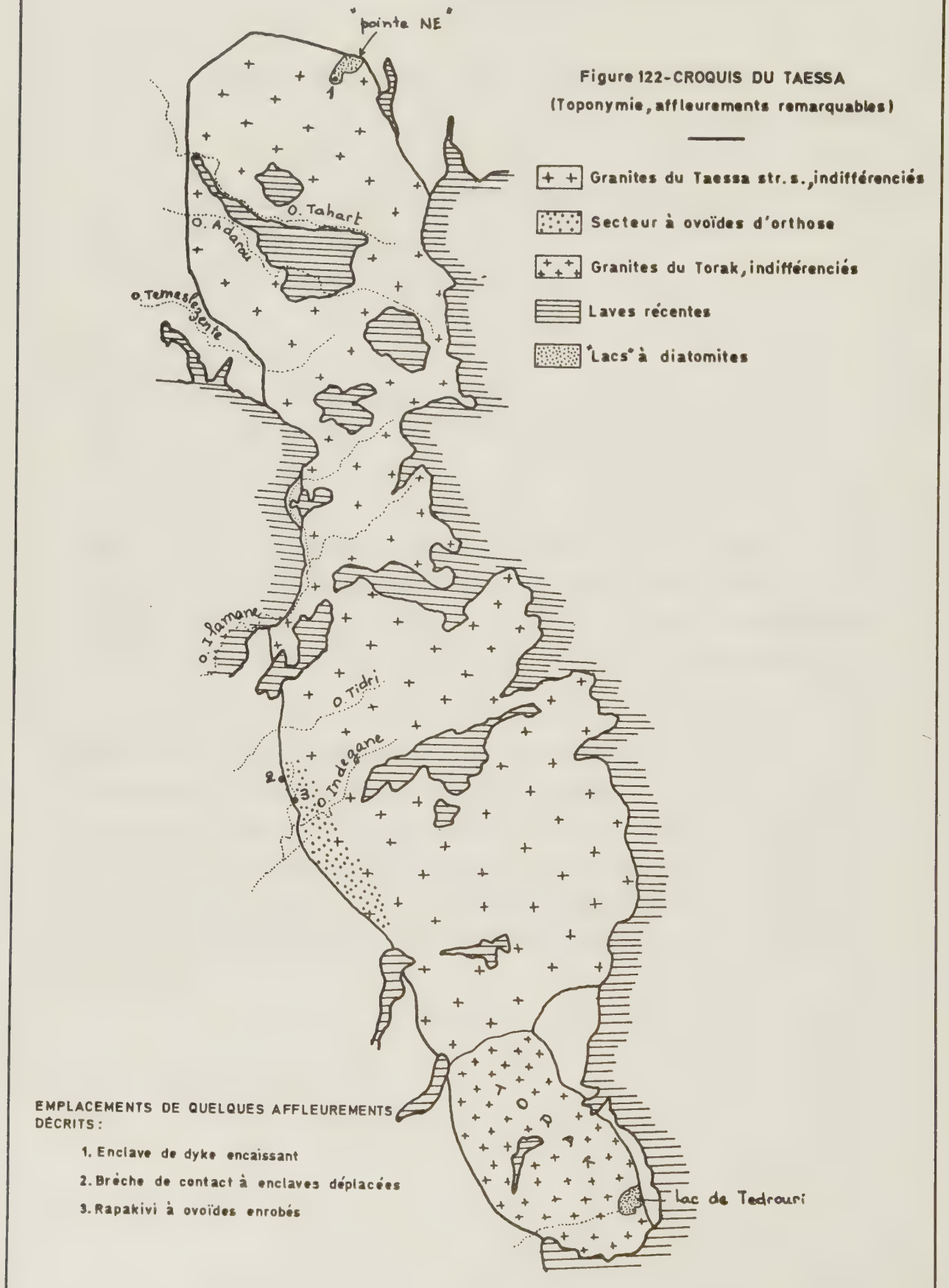


Figure 122-CROQUIS DU TAESSA
(Toponymie, affleurements remarquables)

1 - LES GRANITES DU TAESSA

Une répartition assez anarchique des granites conduit à schématiser l'étude en distinguant deux grandes catégories de roches : un granite subalcalin très grossier et des granites alcalins à grain plus fin. D'ailleurs, il ne semble pas que le Taessa présente la variété de l'Aheleheg' et de l'I-n-Tounine. Le seul point vraiment nouveau est l'existence d'un rapakiwi, faciès de variation du granite grossier.

1.1 - LES GRANITES ALCALINS A GRAIN MOYEN OU FIN

Très capricieux dans leur répartition, ils forment une partie notable des reliefs. On les trouve surtout au Sud de l'oued Tidri (fig. 122), dans la partie la plus compacte du massif montagneux.

Ces roches oscillent entre des types équigranulaires et des variétés hétérogranulaires à tendance porphyroïde. Elles renferment toujours albite, microcline (en principe quadrillé), un peu de biotite, fluorine et topaze. On peut les comparer au granite alcalin à grain fin d'I-n-Tounine et à ses termes de transition avec le granite courant. Il n'est pas exclu que l'on ait parfois affaire, comme dans l'I-n-Tounine, à des microgranites porphyriques de coupole (bordure figée), modifiés par la pneumatolyse.

Plusieurs des greisens connus ont été rencontrés à proximité. A vrai dire, ils sont peu nombreux : auréoles diffuses bordant des lentilles de pegmatite, filonnets stanno-wolframifères (l'analyse m.40 est celle d'une muscovite provenant d'un de ces filonnets). Certaines pegmatites renferment topaze, béryl, cassitérite.

1.2 - LE GRANITE GROSSIER COURANT

Il est plus grossier que dans tous les autres Taourirts du compartiment central, avec des cristaux de même nature bien regroupés : quartz en globules dépassant couramment le centimètre, amas un peu moins gros (0,5 à 1 cm) de biotite. Le feldspath peut constituer jusqu'à 50 % de la roche. Il forme des plages xénomorphes, ou des phénocristaux rectangulaires atteignant 3 cm de long : dans ce dernier cas, la texture est porphyroïde et une fluidalité planaire se dessine parfois, avec une direction et un pendage variables.

Description des lames minces

Quartz : individus atteignant 4 ou 5 mm, amoncelés ou en longues processions. Ils peuvent être tout à fait automorphes (cas des grains entourant les plus gros amas). M. Lelubre (1952, T. I, p. 210) signale "des lignes d'inclusions liquides à libelle mobile".

Feldspath potassique : grands cristaux maclés Carlsbad, parfois zonés, assez pauvres en perthites. Inclusions diverses (quartz, plagioclases, biotite). Le quadrillage commence à apparaître mais on reste peu éloigné du pôle orthose.

Plagioclases : présence occasionnelle d'oligoclase calcique zonée (jusqu'à An 28 % au coeur des cristaux). Quelques zonations sont légèrement oscillatoires. Une décalcification post-magmatique s'amorce, avec développement concomitant de séricite et de fluorine (planche 24 et chapitre XVIII). Mais plus souvent, on ne voit que des plagioclases sodiques non zonés. Les feldspaths-K sont alors envahis par des taches diffuses d'albite maclée. Il existe en sus de petites albites tardives.

Biotite : elle est en principe brune, mais souvent en cours de chloritisation, phénomène que l'on observe parfois de façon significative au contact de fluorine. Les paillettes ont souvent des bordures symplectiques, brunes ou virant au vert.

Les amas ne montrent pas de formes caractérisées. La biotite y est accompagnée de quartz et d'accessoires (fluorine, apatite, zircon). Notons la ressemblance parfaite avec les amas informes de l'I-n-Tounine, interprétés comme des pseudomorphoses de cristaux partiellement résorbés.

Accessoires : fluorine fréquente, topaze. Zircon souvent automorphe. Un peu d'apatite et d'allanite. Le minerai, rare, paraît en général lié à la chloritisation de la biotite.

Cette description révèle une parenté frappante avec le granite grossier d'I-n-Tounine. La plupart des éléments caractéristiques sont communs aux deux roches : automorphie du quartz, abondance et nature du feldspath potassique (orthose et microcline intermédiaire), particularités des plagioclases (décalcification fréquente des oligoclases primaires avec apparition du couple séricite-fluorine), albitisation, biotite en amas poecilitiques ... Ces critères pétrographiques nous semblent suffisants à eux seuls pour rejeter les hésitations passées concernant l'appartenance du Taessa [1] : ce massif fait bien partie du même groupe que l'I-n-Tounine.

Le granite présente quelques variations. A Torak, il est plutôt moins grossier - ce qui le rapproche encore davantage d'I-n-Tounine - et renfermerait plus de topaze. Dans les aiguilles d'Imorane et dans d'autres secteurs de morphologie similaire, la texture est très grossièrement porphyrique et les micropegmatites se multiplient en bordure des phénocristaux. Surtout, il existe des rapakiwis, sujet des paragraphes suivants.

1.3 - LE GRANITE GROSSIER A OVOIDES D'ORTHOSE (RAPAKIWI)

A partir de l'oued Ilamane et sur 8 à 10 km en direction du Sud, un piémont nivelle la bordure occidentale du massif au pied du grand escarpement de Taessa. Cette zone aplanie mesure 1 à 2 km de large. Le granite grossier renferme de gros ovoïdes d'orthose. Ces cristaux peuvent dépasser 5 cm de long. Du fait que chacun d'entre eux est limité par une surface à peu près lisse, la roche se montre fort sensible à la désagrégation granulaire. Aussi donne-t-elle des reliefs mous, sans boules, armés ici et là par des filons d'aplite qui forment saillie.

Il existe deux catégories d'ovoïdes. En général, on n'observe pas d'auréoles de plagioclases. Je n'ai rencontré d'ovoïdes "enrobés" que sur un seul affleurement, situé au contact même des gneiss encaissants.

---

(1) Voir la note 1 de la page 431.

Les ovoïdes courants, non enrobés de plagioclase

Ils peuvent atteindre 6 à 7 cm de long, mais ont plus souvent 3 ou 4 cm. L'ovalisation n'est parfois qu'à peine indiquée, auquel cas les faces planes subsistent en partie. En étudiant cette variété de granite, on songe aux descriptions de la "pyterlite" des auteurs finlandais (Savolahti, 1962).

A quelques centaines de mètres de l'encaissant et plus, les ovoïdes sont éparpillés dans le granite normal. Plus près du contact, ils se multiplient jusqu'à devenir presque contigus (planche 20, photos 8 et 9). Chacun d'eux est enveloppé par des quartz globuleux d'1/2 cm, si bien qu'à la surface des ovoïdes déchaussés, on voit les empreintes en creux des pyramides à 6 faces. Dans la vallée de l'oued Indegane, les ovoïdes couchés à plat dessinent une belle fluidalité ; celle-ci tend à se redresser brutalement contre le contact subvertical du massif et des gneiss.

Les ovoïdes sous le microscope

Ils sont formés d'orthose. Les perthites visibles sont quasiment inexistantes ; elles se réduisent à des filonnets indistincts et zigzaguants. Il n'y a pas de quadrillage, tout juste un début de moirage en des points très localisés. Un même ovoïde peut grouper deux ou trois individus de forme quelconque. Les inclusions sont caractéristiques :

- Plagioclases : oligoclase-andésine, zonée, décalcifiée par taches floues, parfois reconvertie en albite séricitisée.

- Biotite : amas arrondis ou prismatiques comprenant : biotite symplectique avec du quartz en vermicules, fluorine, quartz en grains arrondis, zircon automorphe, apatite et magnétite. Ce sont certainement des pseudomorphoses d'anciens ferromagnésiens.

- Quartz : petites plages irrégulières et longs copeaux d'épaisseur variable, avec des limites concaves ou marquées de redents anguleux. Cet aspect est classique dans les rapakiwis ("concave quartz" : Savolahti, 1962 ; Vorma, 1971, etc. ;

"quartz V" des orthogneiss du Canigou : Guitard, 1970). Les figures les plus remarquables sont données par du quartz qui entoure et blinde certaines inclusions bien automorphes de plagioclase, et de là se ramifient alentour (planche 23, photos 5 et 6). Quand de la biotite se trouve incluse dans ce type de quartz, elle ne présente pas de bordures effilochées ou symplectiques. L'interprétation de ce quartz ne semble pas faire l'unanimité des auteurs. Certains aspects peuvent évoquer une syncristallisation avec l'orthose : texture de micropegmatite notée dans quelques cas, orientation cristallographique liée à celle du cristal-hôte (Vorma, 1971). D'autres détails font penser à une corrosion : par exemple, les vagues perthites semblent recoupées (cf. Guitard, 1970, p. 164)

Les ovoïdes enrobés

Ils font penser à la "wiborgite" des Finlandais. Je les ai rencontrés au contact de l'encaissant dans un petit oued qui rejoint la rive droite de l'Indegane (emplacement sur la figure 122). Aucun d'entre eux n'atteint au gigantisme occasionnel des ovoïdes non enrobés : ils ne mesurent pas plus de 3 cm. Les auréoles ont de 5 à 6 mm d'épaisseur ; à l'oeil nu, elles apparaissent ponctuées de quartz. Parfois, les ovoïdes sont entassés au point d'être gauchis, déformés. Au bout de quelques dizaines de centimètres, la roche à orthoses non enrobées prend le relai vers l'intérieur du massif.

A 6 m de distance dans les gneiss encaissants, une amande complexe de granite, parallèle au contact, renferme aussi des ovoïdes enrobés (figure 125). Quelques uns d'entre eux s'isolent dans la mésostase finement grenue et y coexistent avec des orthoses rectangulaires de 0,5 à 1 cm. D'autres au contraire sont très rassemblés.

Les lames minces d'ovoïdes enrobés

Même nature du feldspath potassique et mêmes inclusions que pour les cristaux non enrobés. Toutefois, les ovoïdes du contact renferment de l'albite séricitisée, alors que ceux du filon sont à inclusions d'oligoclase ; mais on peut affirmer une fois de plus que cette composition sodique

n'est pas originelle : dans l'albite, il subsiste des îlots d'oligoclase à 28 % An.

Constitution des auréoles : Les auréoles sont formées par l'amoncellement des petits plagioclases observés en inclusions dans l'orthose. Selon la provenance - contact ou filon - il s'agit d'albite séricitisée ou d'oligoclase-andésine. La plupart du temps, ces cristaux sont parallèles entre eux et à l'allongement de l'ovoïde, et le restent aux extrémités de celui-ci ; ———— le résultat évoque des synneusis. Mais on remarque aussi des plagioclases obliques et même, sur des tronçons notables d'auréoles, des entassements tout à fait désordonnés de ces cristaux. Précisons que des bras ramifiés de quartz séparent certains individus ou groupes d'individus ; ce seraient les équivalents des cristaux inclus dans l'orthose. D'autres quartz forment de petites plages émoussées et oblongues.

Dans les échantillons albitisés du contact, les plagioclases ont été quelque peu "nourris" ; ils ne sont plus aussi automorphes, et on peut voir certains d'entre eux, primitivement isolés dans l'orthose, être soudés à l'auréole par d'étroits pédoncules d'albite néoformée (cf. Guitard, 1970, p. 157). Etant donné la constitution des auréoles, la limite interne de chacune d'elles ne peut avoir un dessin régulier. On voit des apophyses interstitielles d'orthose se glisser jusqu'en plein dans l'auréole.

La mésostase

Elle renferme : quartz, orthose non perthitique, plagioclase (albite en cas de deutérisme important), amas plus ou moins compacts de biotite. Très décolorées ou verdies par places, les paillettes du mica apparaissent bourrées de fuseaux gris clair qui seraient en feldspath potassique (Chayes, 1955 ; Poty, 1969). Comme accessoires, citons un peu d'épidote et de sphène secondaires, respectivement liés aux plagioclases et à la biotite, puis de l'allanite et du minerai.

Interprétation

La plupart des auteurs s'accordent sur une origine magmatique primaire, au moins pour les rapakiwis supercristaux (bibliographie et discussion in : Vorma, 1971). Si l'on tient compte de la teneur en An dans les systèmes expérimentaux, il apparaît que le plagioclase commence

à cristalliser avant l'orthose et le quartz (Stewart, 1959 ; Sviridenko, 1968). D'où sans doute les inclusions observées dans les ovoïdes du Taessa.

Les auréoles formées d'albite séricitisée dérivent d'auréoles à oligoclase-andésine, par recristallisation deutérique. L'importance de ce stade deutérique est manifeste dans tout l'ensemble du Taessa, et a été clairement mise en évidence dans les rapakiwis finlandais (Sederholm, 1916 ; Savolahti, 1962 ...).

1.4 - LE CONTACT DE TORAK ET DE TAESSA *stricto sensu*

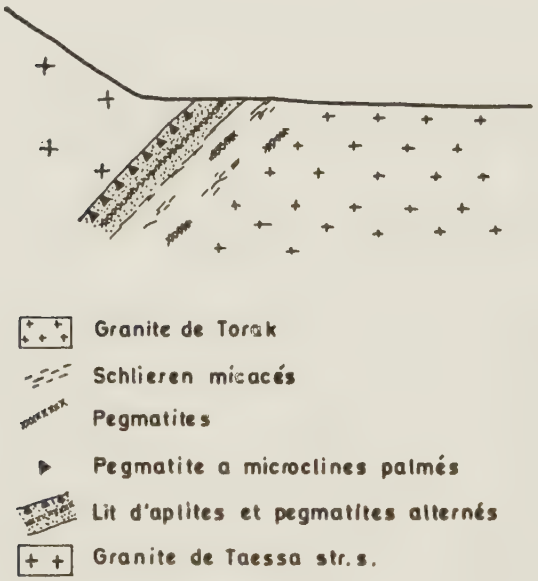
Une limite, convexe vers le Taessa *str. s.*, apparaît sur la photo aérienne NF 31 XVIII-XXIV n° 77. Elle n'est guère aisée à trouver et à suivre.

Dans les reliefs du Nord, le contact court entre diverses variétés de granite assez grossier, qui appartiennent au Torak, et un ensemble confus de granites plus fins, attribuable au Taessa. Des pegmatites le jalonnent presque toujours, plutôt du côté Torak. Parfois, elles semblent envoyer quelques émissaires filoniens dans le Taessa.

Au pied de l'escarpement, le contact met en présence deux granites grossiers de textures voisines (fig. 123). Il plonge au NW vers le Taessa *str. s.*. Divers signes l'annoncent dans le Torak : une légère décroissance du grain, l'apparition de schlieren micacés et de bouffées pegmatitiques. 1 m ou 2 avant le contact, la granite de Torak fait place à une aplite rubanée à intercalations de pegmatites. Au toit de cette formation, c'est-à-dire contre le contact, on observe des microclines palmés dont les pointes sont dirigées vers le Taessa (cf. photo 2 de la planche 19).

Le massif de Torak semble donc un peu plus récent que les granites de Taessa *str. s.*. On pouvait déjà s'y attendre en observant la courbure de la ligne de contact sur la photo aérienne (voir fig. 122). Mais rien n'indique un gros hiatus dans le temps. L'absence de critères géométriques (enclaves anguleuses d'un granite dans l'autre, filons à bords parallèles ...) conduit à admettre que les deux ensembles sont en partie synchrones. Simplement, le Torak aurait fini de cristalliser après le restant du complexe[1].

Figure 123
SCHEMA DU CONTACT TORAK-TAESSA STR.S.



---

(1) La pegmatite à microclines palmés fournit une présomption de plus dans ce sens. Dans les autres massifs où l'on en observe, l'expérience montre que les éventails s'ouvrent du côté le plus récent (ellipse claire de l'Aheleheg', corps central d'Elbema Est...).

2 - CONTACT DU TAESSA ET DES TERRAINS ENCAISSANTS

Le contact externe du Taessa est généralement à l'emporte-pièce, mais recouvrements basaltiques et accidents en contrarient l'étude sur une bonne moitié du pourtour. Mes observations, repérées sur la figure 122, concernent surtout la moitié nord du massif. Remarquons d'emblée le dessin anguleux de la limite nord, au contact du pluton granitique d'Ifrak [1] ; les tronçons rectilignes sont parallèles à des diaclases importantes du massif encaissant.

Enclaves d'encaissant.

Malgré leur rareté, ces enclaves apportent quelques informations utiles sur la place du massif dans la géologie régionale et, à un degré moindre, sur le mode d'intrusion.

1 - L'enclave de dyke. Au Nord, les gneiss encaissants sont hachés par d'innombrables dykes de microgranite. Ce champ filonien, sensiblement nord-sud, n'est pas le seul de son espèce : il accompagne un épisode de fracturation méridienne du bloc de Tamanrasset. S'il mord sur la bordure assez diffuse du pluton d'Ifrak, tout porte à croire qu'il a précédé le Taessa : un débris de la roche des dykes a été observé en enclave dans le granite récent.

> L'affleurement se trouve près de la pointe NE du Taessa, sur une terrasse bordant l'exutoire d'un "lac" à diatomites (Rognon, 1967). Il permet d'observer aussi des enclaves de gneiss.

---

(1) Ce n'est pas le granite d'Ifrak des rapports du B.R.M.A.. Pour plus de détails, voir les notes , page 518.

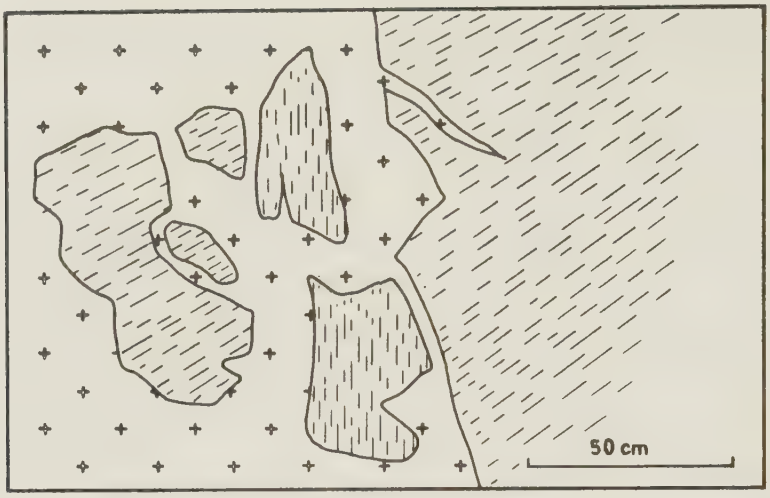


Figure 124 - ENCLAVES DÉPLACÉES DE GNEISS FINS AU CONTACT DU TAESSA

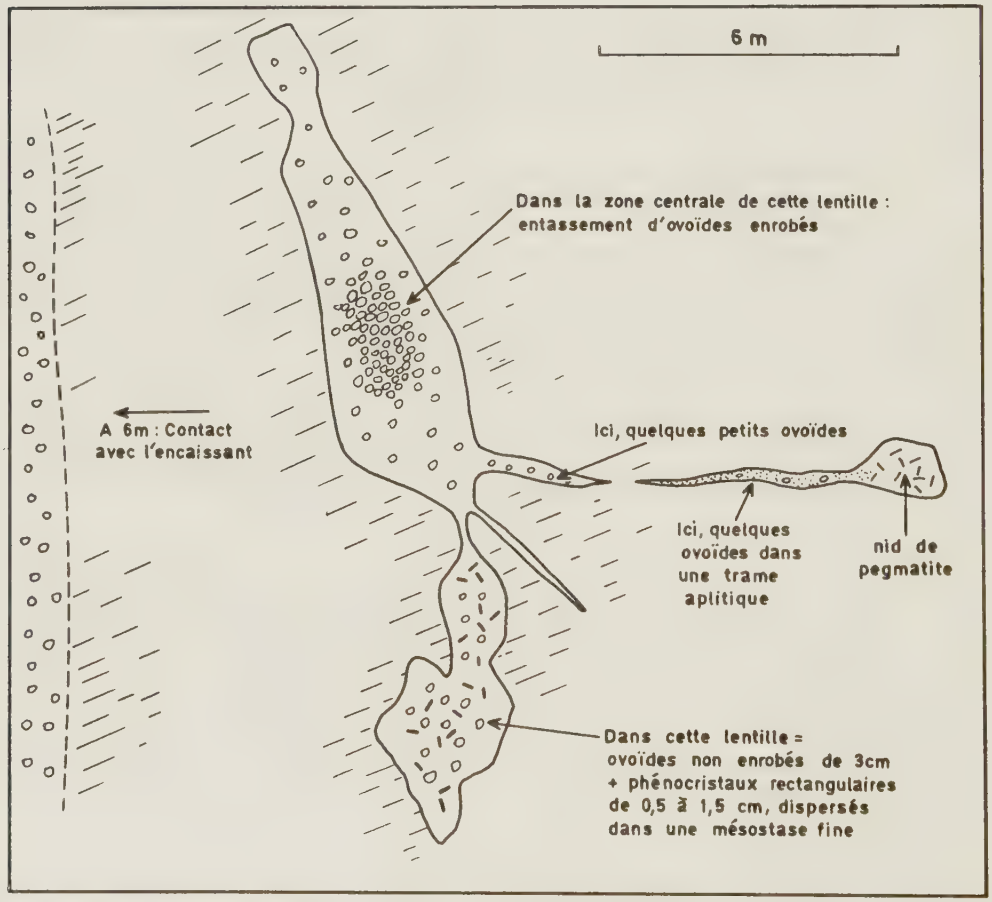


Figure 125 - NIDS DE GRANITE A OVOÏDES (RAPAKIVI) ET DE PEGMATITE DANS LE PROCHE ENCAISSANT DU TAESSA

2 - Les brèches de contact. D'accès aisé, le meilleur affleurement se trouve dans le ravinot descendant du col par où l'on quitte le bassin de l'oued Tidri vers le Sud. Les gneiss environnants étant dirigés N 50 à N 60° E, et s'y maintenant sans être affectés par des plis de détail, on peut être sûr que les enclaves à foliation nord-sud ont pivoté (fig. 124). A cet endroit, le granite est un peu plus fin que d'habitude, et riche en fluorine ; il ne contient pas d'ovoïdes, mais des petits phénocristaux très automorphes de feldspath-K.

M. Lelubre (1952) signalait dans l'oued Adarou un passage à l'encaissant par l'intermédiaire d'une frange de migmatites. Il en concluait à la nature imparfaitement circonscrite du massif. Or la rubéfaction, assez générale ici à cause des failles, peut faire confondre le granite encaissant avec la roche du Taessa, qui est déjà un peu rosée par nature. Il semble néamoins que le granite intrusif renferme ici de grosses enclaves anguleuses, qui concourent à donner l'impression d'une bordure diffuse.

Recristallisation des gneiss et nids de pegmatite au contact du granite de Taessa

Dans le secteur du rapakiwi à ovoïdes enrobés, l'encaissant est traversé par quelques corps plus ou moins filoniens émanant du massif (fig. 125). Au contact de l'un d'eux, les gneiss, qui sont en principe très fins, ont un peu recristallisé sur 3 à 4 mm. Le grain a grossi, une texture en mosaïque remplace l'amoncellement quelconque des petits quartz et plagioclases. Dans l'échantillon étudié, l'orthose apparaît 2 mm avant le contact et se développe en englobant les plagioclases (1).

A proximité de la même apophyse de granite, mais aussi de loin en loin dans le secteur, on aperçoit des taches blanches et roses au milieu des gneiss. Elles ne dépassent guère 20 cm de long. Les unes, à bords très diffus, sont formées de granite fin à orthose, albite

---

(1) Les rapakiwis finlandais ont aussi provoqué une métasomatose potassique dans leur proche encaissant (Vorma, 1972).

et fluorine ; d'autres, mieux circonscrites, sont des amandes de pegmatite. Toutes donnent l'impression d'avoir remplacé les gneiss. Comme elles disparaissent à quelques mètres du contact, on doit les relier à l'activité du Taessa. Sans doute se trouvent-elles sur des réseaux de fissures par où les fluides ont pu cheminer. A certains endroits, elles paraissent localisées de préférence sur des microplis décimétriques.

A l'autre extrémité du massif, le Torak recoupe un granite[1]. On constate en lame mince que cette roche a quelque peu recristallisé : gouttelettes de quartz, réseau ténu et poecilitique d'albite orienté sur le vieux microcline, petits bourgeons de myrmékite, granules de fluorine ; les anciens feldspaths perdent leur individualité, les interfaces s'estompent. Cet affleurement confirme donc la réalité d'un métamorphisme de contact. On peut penser que la teneur en pneumatolytes du granite intrusif jouait un rôle essentiel, puisque la fluorine paraît associée au phénomène de recristallisation.

Faciès de bordure (rapakiwi exclu) et émissaires filoniens

En moyenne, les variations aplo-pegmatitiques de bordure paraissent assez peu développées. 100 m dans l'oued Tahart : le cas est exceptionnel. Dans l'oued Temeslezente, pourtant peu éloigné du précédent, il n'y a pratiquement pas de tels faciès marginaux. A la pointe NE, on observe 2 à 10 cm de granite fin, puis quelques mètres de roche non porphyroïde, avant de rencontrer le granite normal.

De même, les émissaires filoniens varient beaucoup en importance. Entre les oueds Tidri et Indegane, ainsi que dans la vallée du Temeslezente, ce sont des panneaux rectilignes, longs de plusieurs centaines de mètres, formés d'aplo-pegmatites souvent graphiques. A la pointe NE du Taessa, les filons dessinent plutôt un lacis complexe, s'étendant sur quelques mètres.

---

(1) Sur la rive orientale du "lac" à diatomites de Tedrouri.

CONCLUSION A L'ETUDE DU TAESSA

Entre le Taessa et l'I-n-Tounine, il existe une similitude frappante de composition minéralogique et d'évolution. Soulignons en particulier le rôle joué par les phénomènes d'albitisation et de pneumatolyse fluorée. Le Taessa ne manque pourtant pas d'originalité, grâce à l'existence d'un faciès rapakiwi, local mais typique.

Si la présence du Torak concourt évidemment à expliquer la grande taille du Taessa, il reste que le Taessa *sensu stricto*, massif unique selon toute apparence, est deux fois plus étendu que l'I-n-Tounine et l'Aheleheg'. Faut-il y voir le résultat d'une érosion poussée ? Le pluton supposé, qui engloberait l'I-n-Tounine et le Tessibent (cf. page 501), aurait exactement les dimensions du Taessa *sensu stricto*.

Or les phénomènes post-magmatiques demeurent envahissants ; on a trouvé quelques indices de minéralisation : le toit ne pouvait être bien loin au-dessus. Il ne faut donc pas s'exagérer la profondeur d'érosion.

L'image qui apparaît alors est celle d'un grand massif, dont le toit se maintenait à une altitude assez constante. Si le Tessibent rejoint bien l'I-n-Tounine sous les gneiss, on peut admettre que la surface apicale de cet ensemble ondulait davantage.

A N N E X E

LES GRANITES CIRCONSCRITS DE L'ATAKOR SEPTENTRIONAL, ET LE PROBLEME DE LEURS RAPPORTS AVEC LES TAOURIRTS DE TAMANRASSET (TAESSA NOTAMMENT)

- 0 -

Entre l'Atakor, coeur volcanique de l'Ahaggar central, et les basaltes du Manzaz, épanchés 20 ou 30 kilomètres plus au Nord, la couverture de laves récentes est très discontinue. On voit affleurer la série gneissique de l'Arechchoum et divers massifs granitiques. Parmi ces derniers, il convient de distinguer:

1) Des plutons à bords diffus : Ifrak [1] et le vaste massif de la piste Idelès-Tahifet.

2) Deux corps circonscrits, très différents l'un de l'autre : la grande lame de l'Abarga-Idelès, synchrone du jeu d'une dislocation N 20°E, et le massif de granite monzonitique d'Abdassène [2].

Le domaine géographique considéré prolonge de peu vers le Nord celui qu'occupent les Taourirts de Tamanrasset. Or l'Abarga et l'Abdassène, malgré toutes les apparences du contraire, ont quelques traits instructifs en commun avec les massifs de l'axe Tanaout-Taessa. Il vaut donc la peine de les passer brièvement en revue.

---

(1) Ainsi nommé d'après l'oued qui le sillonne. Ce n'est pas le granite d'Ifrak des rapports du B.R.M.A..

(2) Granite d'Ifrak dans les rapports du B.R.M.A.. Or l'oued Ifrak ne le traverse pas, ce que fait par contre l'oued Abdassène.

1 - LE PLUTON DE L'ABARGA ET D'IDELES

INTRODUCTION

L'axe Tanaout-Taessa est parallèle à la direction NW-SE de fracturation tardive du bloc central de l'Ahaggar. Il existe au moins un massif contrôlé par l'autre direction de cassures obliques (N 20°E) : c'est le pluton de l'Abarga et d'Idelès, qui s'allonge dans le coin NE de la feuille Assekrem, entre le parallèle 23°30' et les environs d'Idelès (fig. 126). Cette lame de 40 x 10 km est installée sur la dislocation-guide.

Un élément frappant du paysage est le ressaut de l'Abarga, qui domine à l'Est d'Hirafok le vaste épandage de l'oued Efeni. Avec ses granites roses, ses clochetons et ses chaos, il ressemble à l'escarpement du Taessa. Autre relief caractéristique et bien connu : le Taderaze, qui domine Idelès. Dans toute cette région, la répartition des granites ne s'impose pas au premier coup d'oeil. Les étendues alluviales et les coulées de basalte morcèlent les aires d'affleurement. Deux formes aussi contrastées que la plaine de l'Efeni et le talus de l'Abarga sont entaillées dans le même granite. Sur les photos aériennes, rien ne ressemble plus aux crêtes alternées d'une série métamorphique que des filons parallèles d'aplite dans un granite un peu écrasé. C'est pourquoi la surface occupée par le pluton d'Abarga est beaucoup plus considérable que ne le suggère la carte au 1/500 000 du BRGM (1961), levée par hélicoptère dans ce secteur.

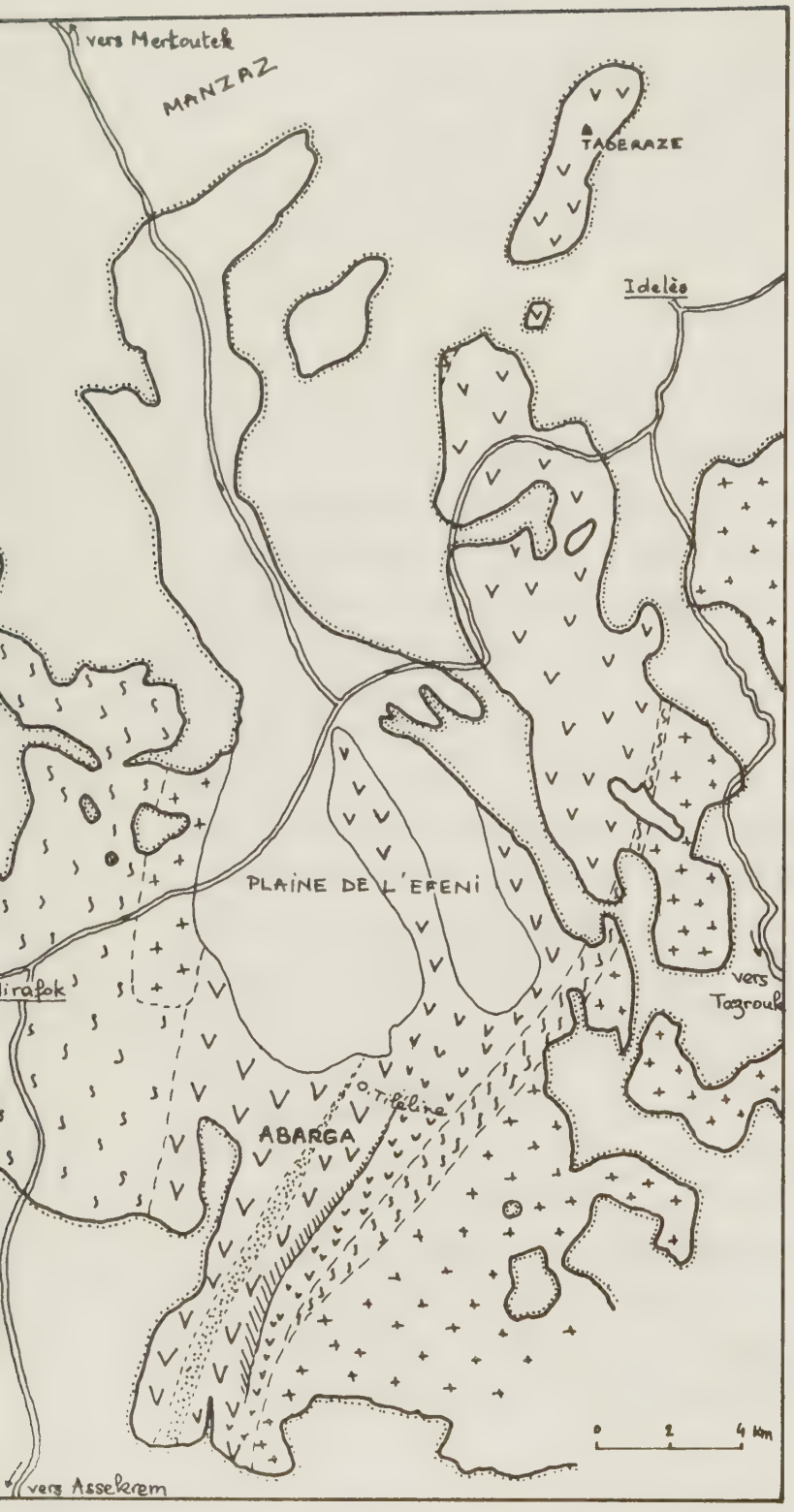


Figure 126 - LE MASSIF D'ABARGA-IDELÈS

- Granite très grossier de l'Abarga et sa variation pneumatolytique de coupole
- Granite grossier
- Granite calco-alcalin à grain fin
- Granites anté-Abarga
- Migmatites
- Basaltes récents
- Alluvionnements
- Piste automobile

GEOLOGIE

Le type pétrographique de base et ses contacts avec l'encaissant

La roche type est un granite porphyroïde, grossier et orienté. Outre le quartz, il renferme : microcline dominant, oligoclase, biotite (≥ 10 %), parfois hornblende ; parmi les accessoires, notons le sphène et parfois un peu de fluorine. La texture varie beaucoup : on passe d'une roche presque équante à un gneiss oeillé comportant des yeux ± ovalisés de microcline et des cloisons bien marquées de biotite ; les yeux sont séparés par une mésostase laminée à chaud (texture en mortier, avec myrmékites et poussière de biotite brune recristallisée ..).

En moyenne, cette orientation planaire est conforme à celle de l'accident-guide. Il semble que les zones les plus laminées dessinent de longues travées.

Le pluton recoupe la foliation des gneiss de l'Arechchoum lorsque celle-ci est faiblement pentée (cas fréquent à l'Est, où le contact paraît souvent faillé) ; il est concordant quand elle se redresse à la verticale. Derrière le Taderaze, le massif émet des filons discordants d'aplite et de pegmatite. A l'W.SW d'Idelès, il tend à s'effilocher dans l'encaissant. Réciproquement, les bandes de granite très orienté renferment parfois des panneaux allongés de gneiss, plus ou moins importants.

Tous les traits décrits jusqu'ici sont typiquement ceux d'un pluton syncinématique, contemporain d'une dislocation active.

Les microgranites porphyriques de bordure

Dans le Sud du massif, vers sa bande orientale, il apparaît des microgranites porphyriques à phénocristaux de quartz, microcline et oligoclase. Ces roches ont subi des contraintes à chaud et ont

recristallisé, tout ceci avec une intensité variable ; les détails observés en lames minces sont parfois éloquents (planche 18, photos 2 et 4). Parmi les accessoires de la mésostase, remarquons la présence de fluorine et de sphène.

A ces microgranites se mélange un granite porphyroïde un peu orienté, qui semble appartenir au "type de base". On songe aux relations entre un granite grossier et sa bordure figée, telles que nous les connaissons à l'Aheleheg' et à l'I-n-Tounine.

Le tiers sud du pluton et sa structure composite (montagne de l'Abarga s.str.)

Le talus et la montagne de l'Abarga atteignent leur plus beau développement au Sud de l'oued Tiléline. Ce secteur est le plus complexe du pluton. Un nouveau massif s'individualise ici. A l'Est, il se trouve en contact net avec le granite courant, dont ne subsiste qu'une frange de 1 km [1].

Ailleurs, ses limites sont mal connues, faute de bons affleurements : le bord ouest semble correspondre au contact avec l'encaissant, tandis qu'au Nord, peut-être faut-il admettre une extension jusqu'au-delà de l'Efeni.

Dans ce massif de l'Abarga s.str., on observe deux variétés principales de granite : un granite calco-alcalin à grain fin, qui constitue un premier ressaut bien marqué ; un granite alcalin potassique à très gros grain, présent partout ailleurs sauf sur les crêtes sommitales.

Le granite alcalin à très gros grain et ses variations apicales

Composition. Globules alignés de quartz (1 cm), communiquant une certaine orientation à cette roche par ailleurs équante ; le quartz est un peu laminé et recristallisé. Grandes plages de microcline, atteignant plusieurs centimètres. Albite subordonnée (ancienne oligoclase) bourrée de petites fluorines. Paquets de biotite chloritisée.

---

(1) C'est ici que s'observent les microgranites porphyriques de bordure.

Entre le premier ressaut et le sommet, ce granite diminue de grain et s'enrichit peu à peu en bouffées de granite plus fin, voire d'aplite. Il passe ainsi à un granite hétérogranulaire peu grossier, encore orienté, dans lequel on remarque beaucoup d'albite et de fluorine, parfois aussi de la topaze. Le contact avec le granite courant du pluton se trouve un peu en contrebas de la crête, à l'Est. Il est jalonné dans la roche des sommets par des corps de pegmatite et d'aplite.

Notons que ce granite à topaze n'existe qu'en altitude (1). Dans les grandes vallées qui encadrent la montagne au Nord (oued Tiléline) et au Sud, les variations bordières du granite à très gros grain ont beaucoup diminué en épaisseur et en intensité.

Ces granites alcalins de l'Abarga renferment de petits copeaux (10 cm à 1 m) d'une roche feuilletée, souvent très claire, qui semble être de la mylonite de granite ou d'aplite. L'existence de l'accident-guide a donc nettement précédé la mise en place du pluton ; mais l'abondance des cassures silicifiées N-S à N.NE-S.SW dans l'Efeni montre la persistance des rejeux.

Le granite calco-alcalin à grain fin

Il dessine sur les photos aériennes un ruban gris foncé d'au moins 6 km de long, et 500 m de large. La roche est homogène, orientée, parfois finement oeillée (yeux de 2 mm).

Composition : granite à microcline, oligoclase ± automorphe, biotite chloritisée (≳ 10 %), rares mouches de fluorine. La texture, granoblastique, ou en mortier, traduit encore des alternances d'écrasement et de recristallisation.

Au NE, dans l'oued Tiléline, cette unité s'effiloche en un réseau complexe de filons recoupant le granite très grossier. Mais dans l'oued qui interrompt les reliefs tout au Sud, chacune des roches

---

(1) Le sommet du Taderaze, montagne d'Idelès, est aussi constitué par des granites assez fins, à fluorine abondante.

en présence donne l'impression de reprendre l'autre (enclaves réciproques, aspects locaux de mélange). Le granite fin est donc synchrone du granite très grossier, ou postérieur de peu.

Conclusion. Comparaison avec les Taourirts de Tamanrasset

L'ensemble du pluton de l'Abarga-Idelès a cristallisé sous le contrôle d'une dislocation active. Une phase ultime de l'évolution a donné naissance au massif de l'Abarga s.str., dont les granites montrent encore, quoique à un degré moindre, des textures de laminage et de recristallisation (1).

Insistons sur quelques points de convergence avec les Taourirts de Tamanrasset :

- le fait que des microgranites porphyriques jalonnent la marge SE. On pense à une bordure figée (mais l'hypothèse devra être contrôlée par une étude plus précise de la structure du massif) ;

- l'apparition de granites pneumatolytiques à fluorine et topaze, et le développement de ceux-ci en altitude ;

- un contrôle par des fractures obliques du compartiment central de l'Ahaggar.

---

(1) Rien ne permet d'affirmer que le granite très grossier d'Abarga est intrusif dans le pluton. Il représente peut-être le terme d'une évolution continue. Ceci expliquerait la difficulté qu'on éprouve à délimiter vers le Nord le massif d'Abarga s.str.. Le contact net avec le granite courant du SE, et les granites apicaux à topaze, s'expliqueraient par la concentration des fluides résiduels dans une zone fissurée tardivement. Il en irait de même pour les granites alcalins du Taderaze, à l'autre extrémité du pluton.

De tels traits communs apportent une présomption de synchronisme approché entre l'Abarga et les Taourirts de Tamanrasset [1]. Mais ils ne doivent pas faire oublier les différences, qui sont fondamentales (composition du granite, mode de mise en place ...).

Une comparaison qui s'impose davantage à l'esprit est celle du pluton d'Honag, en Ahaggar oriental. Cette immense lanière de granite mesure 200 x 30 km. Encadrée par des failles S.SW-N.NE, elle tranche en oblique les structures plissées du Pharusien. Son âge, obtenu par une isochrone sommaire (Guérangé et Lasserre, 1971), serait de 553 ± 15 MA [2].

---

(1) Etant donné leur mode de gisement, les massifs de l'axe Tanaout-Taessa donnent l'impression d'être un peu plus jeunes. Par ailleurs, le fait que des filons NW-SE de quartz découpent le pluton d'Abarga tend à prouver que cette direction de faiblesse a rejoué plus tard que la direction N 20° E.

(2) La valeur du rapport Sr^{87}/Sr^{86} initial (0,724) suggère l'incorporation d'une forte quantité de matériau sialique. C'est bien l'hypothèse à laquelle conduit l'étude du pluton d'Idelès sur le terrain.

2 - LE MASSIF D'ABDASSENE

Ce massif de 14 x 7 km se trouve à quelques kilomètres au NE du Taessa. On remarque son contour polygonal. La roche est ici un granite monzonitique à biotite (analyse "Q" de l'annexe III) : le feldspath-K, en grandes plages peu perthitiques et peu quadrillées, tend à englober les plagioclases ; ces derniers forment des cristaux automorphes et zonés (oligoclases, coeurs atteignant l'andésine). On n'observe ni bordure figée, ni indices d'une pneumatolyse fluorée. Rien ne suggère une parenté avec les Taourirts de l'axe Tanaout-Taessa.

Or l'Abdassène recoupe à l'emporte-pièce un dense réseau de microgranites en filons nord-sud. Ces dykes sont postérieurs au pluton à bords diffus d'Ifrak. Le granite d'Abdassène semble donc occuper dans la chronologie du magmatisme une place comparable à celle des Taourirts. Sans doute est-il un peu antérieur mais cette question serait à revoir en détail sur le terrain (en fait, elle se rattache au sujet des recherches en cours de G. Vitel).

CHAPITRE XVIII

LES TAOURIRTS DE TAMANRASSET (4) : TRAITS MARQUANTS DE LA PETROGRAPHIE, PROFONDEUR RELATIVE DE MISE EN PLACE, EVOLUTION POST-MAGMATIQUE

Les Taourirts de Tamanrasset constituent un groupe très typé. Mais chacun d'entre eux a, pourrait-on dire, sa personnalité propre. Aussi les résultats de l'étude pétrographique sont-ils récapitulés tout d'abord de manière à faire ressortir certaines différences observées d'un massif à l'autre : profondeur inégale des mises en place, intensité variable de l'évolution post-magmatique. La suite du chapitre fournira des détails supplémentaires sur les minéraux.

1 - LES TRAITS ESSENTIELS

1.1 - CARACTERES SIGNIFICATIFS DU GRANITE COURANT ET DES MICROGRANITES

Données de la pétrographie

Avant tout, les Taourirts de Tamanrasset sont constitués par un granite subalcalin grossier à orthose. La texture en est régulièrement grenue, avec une tendance générale des cristaux vers l'automorphie. Parfois bipyramidé, le quartz (25 à 30 % de la roche) se rassemble en globules. L'orthose (1) l'emporte nettement en abondance

---

(1) En réalité, elle est assez éloignée du pôle monoclinique (voir page 537). Mais à ce stade de la récapitulation, il m'a paru utile de schématiser.

sur le plagioclase, qui est une oligoclase en prismes zonés. Il y a entre 5 et 10 % de biotite : en toute rigueur, la roche est donc un leucogranite au sens où l'entend J. Lameyre (1966). La fluorine apparaît si souvent qu'il paraît nécessaire de la compter avec les minéraux essentiels ; mais en l'état des connaissances disponibles, sa teneur reste difficile à préciser ; on sait qu'elle peut atteindre au moins 2 000 ppm (analyses inédites, B.R.G.M.).

Deux traits significatifs émergent de cette brève description : la présence d'orthose au lieu de microcline, l'abondance relative de la fluorine. Comme celle des Taourirts du fossé pharusien, l'étude minéralogique n'est ici qu'exploratoire ; il paraît donc inutile de détailler la bibliographie concernant ces sujets. La littérature sur les feldspaths potassiques est particulièrement abondante. Rappelons seulement l'apport de V. Marmo (1967, 1971 ...). Cet auteur a plusieurs fois insisté sur le fait que les granites à orthose ont cristallisé rapidement à haute température. La présence d'orthose peut donc être un indice de mise en place à faible profondeur. D'autre part, on sait depuis les travaux de Wyllie et Tuttle (1961) et de von Platen (1965) que l'adjonction de HF à du granite en abaisse le point de fusion ; dans les conditions de ces expériences, la différence de température se montait à plusieurs dizaines de degrés. Il s'ensuit qu'un magma fluoré, toutes choses égales par ailleurs, sera plus apte qu'un autre à s'approcher de la surface sans cristalliser en chemin.

Données fournies par le terrain

Si la pétrographie tend à suggérer une intrusion à profondeur réduite, certaines caractéristiques observées sur le terrain l'annoncent encore plus nettement. Ainsi, l'Aheleheg', l'I-n-Tounine et peut-être le Tanaout Nord présentent à leur toit des bordures figées. Celles des deux premiers massifs peuvent dépasser 100 m d'épaisseur ; ce sont de véritables chapes apicales. La roche qui les constitue paraît avoir à peu près la composition du granite courant, mais sa structure est celle d'un microgranite porphyrique[1].

---

(1) Plus exactement, d'un granite porphyrique à mésostase fine.

Assez souvent, des couronnes de micropegmatite cernent les phénocristaux d'orthose ; elles résultent d'une syncristallisation rapide du quartz et du feldspath alcalin (Barker, 1970). Les figures observées restent en général assez frustes, sauf dans la bordure figée du granite monzonitique ("I-n-Tounine bis") qui traverse le Sud-Est de l'I-n-Tounine (planche 23, photo 1). Cependant, le terme de granophyre ne s'applique en toute rigueur qu'à quelques filons sécants de microgranite à mésostase très fine, connus dans l'I-n-Tounine et surtout dans l'Aheleheg' : ici, les phénocristaux, qui sont de petite taille, apparaissent bourrés de quartz en fines dentelles (planche 19, photo 7).

Etant donné qu'il existe des granophyres, on doit supposer une cristallisation à faible profondeur.

D'autres faits méritent aussi d'être pris en considération :

- l'existence de cavités miarolitiques en bordure de l'Aheleheg' et de l'I-n-Tounine ;

- la rareté des schlieren surmicacés. Ces figures, si remarquables dans les Taourirts du fossé pharusien, sont dues à des courants de convection. Que de tels courants aient été rares ici semble confirmé localement par l'existence du rapakiwi de Taessa : les ovoïdes naissent en effet dans des conditions de cristallisation très calme (Savolahti, 1962). Certes, on peut trouver plus d'une raison à cette absence de courants. L'une d'elles est la mise en place à faible distance sous la surface : le brassage du magma durait d'autant moins que la cristallisation se faisait plus vite.

La pétrographie et le terrain fournissent donc des indications convergentes. Mais celles-ci ne s'observent pas avec une intensité égale dans chacun des principaux massifs. Pourquoi ? Une réponse possible est que certaines intrusions sont montées plus haut que d'autres.

Application à l'hypothèse d'une profondeur variable de mise en place

Selon les critères définis ci-dessus, l'Aheleheg' serait le plus superficiel de tous ces massifs. Le granite courant est un peu moins grossier que dans les autres intrusions, détail qui peut suggérer une cristallisation plus rapide (pour une même dimension

de massif et, restriction importante, à teneur égale en pneumatolytes). Parallèlement, le microgranite de la bordure figée est celui dont le grain - phénocristaux et mésostase - se montre le plus fin, et il paraît en aller de même pour les textures granophyriques : or, celles-ci sont d'autant plus fines que la cristallisation a été plus rapide (Barker, 1970).

D'autres points, plus significatifs encore, renforcent l'originalité de l'Aheleheg'. Ce massif est le seul à avoir été précédé par quelques filons ("cone-sheets") de microgranite felsitique : en cela, il évoque de manière atténuée certains complexes annulaires de Nigeria. Il est le seul à montrer, en un endroit de sa bordure, un granite "hypersolvus" à mésoperthite. Enfin, il recèle un affleurement de brèche et de tuffisite, témoin d'un phénomène post-magmatique à caractère explosif. On peut alors se poser la question d'un gisement subvolcanique. Il est difficile d'y répondre avec netteté, la tuffisite ne suffisant pas à prouver une communication, même ponctuelle, avec la surface.

> Il est tentant d'adjoindre à l'Aheleheg' les massifs de Tanaout, surtout celui du Nord. Mais les critères sont ici moins probants. La très grande ressemblance du granite courant, notamment par l'aspect des orthoses, ne constitue pas à elle seule un argument de poids. Il y a néanmoins dans le Tanaout Nord des bouffées de microgranite porphyrique qui, sans se trouver nécessairement en position apicale, semblent avoisiner de préférence le contact externe.

Comparé à l'Aheleheg', l'I-n-Tounine a un cachet moins superficiel. A vrai dire, il s'agit là surtout d'une impression, fondée sur le fait que nous n'observons pas certains traits originaux de l'Aheleheg' : les filons avant-coureurs de felsite, la brèche d'explosion ... Les granophyres sont moins fins.

> Dans le granite courant comme dans les microgranites apicaux, le grain est un peu plus gros à l'I-n-Tounine, et il serait tentant d'en conclure à une cristallisation plus lente, donc à une profondeur plus grande. Mais cet argument est d'un emploi délicat (Jahns et Burnham, 1960). Selon toute apparence, le magma de l'I-n-Tounine était plus chargé en

pneumatolytes que celui de l'Aheleheg', et cette circonstance devait favoriser une cristallisation grossière.

Pour le Taessa, il convient d'être encore plus prudent. Ce massif ne semble pas très érodé, étant donné sa richesse en roches pneumatolytiques (granites à albite, fluorine et topaze) qui en principe annoncent le toit de la coupole. Or aucune bordure figée n'y a été formellement identifiée ; mais il subsiste un doute à cet égard, dû à l'exploration incomplète de ce chaos montagneux. Admettons par conséquent une profondeur égale ou un peu supérieure à celle de l'I-n-Tounine.

Ici encore, le grain du granite courant peut induire en erreur. Le Taessa bat les records en la matière ; ses ovoïdes d'orthose dépassent parfois les 5 cm. Au niveau d'affleurement, ce massif est le géant du groupe. On doit se demander si ceci ne suffit pas à rendre compte d'une cristallisation grossière. Pour mémoire, notons que le grain des rapakiwis finlandais est proportionnel à la taille des intrusions (Savolahti, 1962). Les ovoïdes décrits par G. Rocci (1957) en Mauritanie ont des dimensions comparables à ceux de Taessa et appartiennent à un massif très étendu (Alous Tmar ou El Arhchéouat).

1.2 - L'EVOLUTION TARDIVE DES TAOURIRTS DE TAMANRASSET

L'alignement rigoureux du Taessa, de l'I-n-Tounine et de certains satellites de celui-ci (Tessibent, Ibechteroram) est un fait qui s'impose avec tant d'évidence que l'on ne peut écarter d'emblée l'hypothèse d'une dorsale continue en profondeur. Les pages précédentes faisaient apparaître quelques différences entre ces massifs et les intrusions d'Aheleheg' et de Tanaout, plus petites et sans doute plus superficielles. Mais c'est par l'intensité des phénomènes tardi- et post-magmatiques que la "dorsale" s'individualise le mieux. L'Aheleheg' et surtout les granites de Tanaout semblent avoir été moins affectés (1).

L'évolution se marque déjà par quelques signes dans le granite subalcalin courant : début d'albitisation de certaines orthoses, et surtout décalcification commençante des oligoclases magmatiques. Ce dernier phénomène, qu'accompagne la cristallisation simultanée de séricite et de fluorine, sera commenté en détail un peu plus loin.

---

(1) Cette note se trouve sur la page suivante.

En s'élevant dans les coupoles, on voit apparaître et se multiplier des granites alcalins à albite et feldspath-K, enrichis en fluorine, renfermant des micas ± lithinifères et souvent de la topaze. Même avant le travail de l'érosion, ces granites semblent n'avoir guère dépassé quelques centaines de mètres en extension verticale. Dans un massif donné, ils paraissent d'autant mieux circonscrits et d'autant plus finement grenus qu'ils sont plus tardifs. Ainsi l'I-n-Tounine, à l'écart du domaine où affleure la bordure figée, est chapeauté par des granites alcalins à grain moyen qui passent en continuité au type courant sous-jacent. En plus, son évolution a donné de nombreux corps plus récents de granite fin, qui sont tantôt des zones confuses, dispersées d'un bout à l'autre du Taourirt (Takicherouet ...), tantôt des masses circonscrites, situées à l'intérieur du massif (lame de la "boutonnière") ou à faible distance dans l'encaissant (mini-stocks de Hanana, d'Alous Oudad ...). Même complexité dans le Taessa, alors que presque rien de ce genre ne s'observe à Tanaout, et qu'à l'Aheleheg', les granites évolués ne forment que deux stocks à section elliptique et contacts nets, alignés dans l'axe du massif.

Les aplites en filons, associées ou non à des pegmatites, laissent présager tout naturellement la fin de cette évolution, dont le terme est constitué par les greisens et par des filons de quartz à wolframite ou à cassitérite. La richesse de ces indices en roche paraît proportionnelle à l'intensité des manifestations post-magmatiques ; d'où la pauvreté relative de l'Aheleheg', et la stérilité des intrusions de Tanaout.

Sous le microscope, l'évolution tardi- et post-magmatique se reconnaît à mainte particularité : figures classiques d'albitisation, développement de topaze ... Insistons ici sur la décalcification des oligoclases primaires. Les autres aspects seront traités plus loin, avec les descriptions de minéraux.

---

(1) La gara Monique échappe un peu à cette classification. Par sa situation géographique comme par sa richesse relative en topaze et en greisens, on peut la rapprocher de l'axe Taessa-In-Tounine.

La décalcification des oligoclases magmatiques et l'apparition concomitante du couple séricite -fluorine

J. Lameyre (1966) a montré comment la décalcification des plagioclases (Schermerhorn, 1956, 1960) peut conduire à leur sérici-tisation. Il est moins courant de voir apparaître un autre sous-produit de cette évolution : la fluorine. Notés en passant à l'Aheleheg', ces phénomènes prennent beaucoup d'importance dans l'I-n-Tounine et dans le Taessa. Du fait que nous avons souvent la chance de les observer à des stades intermédiaires, ils sont aisés à mettre en évidence (planche 24, et figure 127).

La décalcification affecte aussi bien les microgranites api-caux que les granites grossiers, et les phénocristaux plus facilement peut-être que les petits grains d'une mésostase. Elle ronge les cris-taux par leur coeur, ou bien les attaque par un bout. Les taches gan-grenées ont des contours très irréguliers. La séricite apparaît en même temps, avec des granules parfois innombrables de fluorine. Cette asso-ciation de séricite et de fluorine se cantonne strictement aux plages décalcifiées des cristaux primaires. Quand il ne subsiste plus d'oli-goclase en résidus, la présence du couple séricite - fluorine dans une albite semble donc indiquer que celle-ci est secondaire. A mesure que le phénomène progresse, les paillettes de mica et les granules de fluorine ont tendance à grossir. Les macles de l'albite ne se montrent guère dans les plages envahissantes, alors qu'elles peuvent être bien développées dans les cristaux totalement reconvertis [(1)]. Précisons que dans les granites alcalins où l'albite est primaire - cas des aplites et des variétés fines en général - ces particularités ne s'observent pas : le plagioclase est propre et la fluorine demeure interstitielle.

D'habitude, la transformation en albite respecte les contours de l'oligoclase primaire. Le contraire peut arriver : sur la figure 127 B , on voit l'albite néoformée à fluorine et séricite se raccorder aux perthites du feldspath potassique voisin, prouvant ainsi le caractère post-magmatique de la décalcification. En même temps, celle-ci a eu lieu dans les limites de stabilité de la biotite : l'association de petites biotites néoformées et de séricite a été notée dans une plage décalcifiée (2).

---

(1) (2) Pour ces deux notes, voir à page suivante.

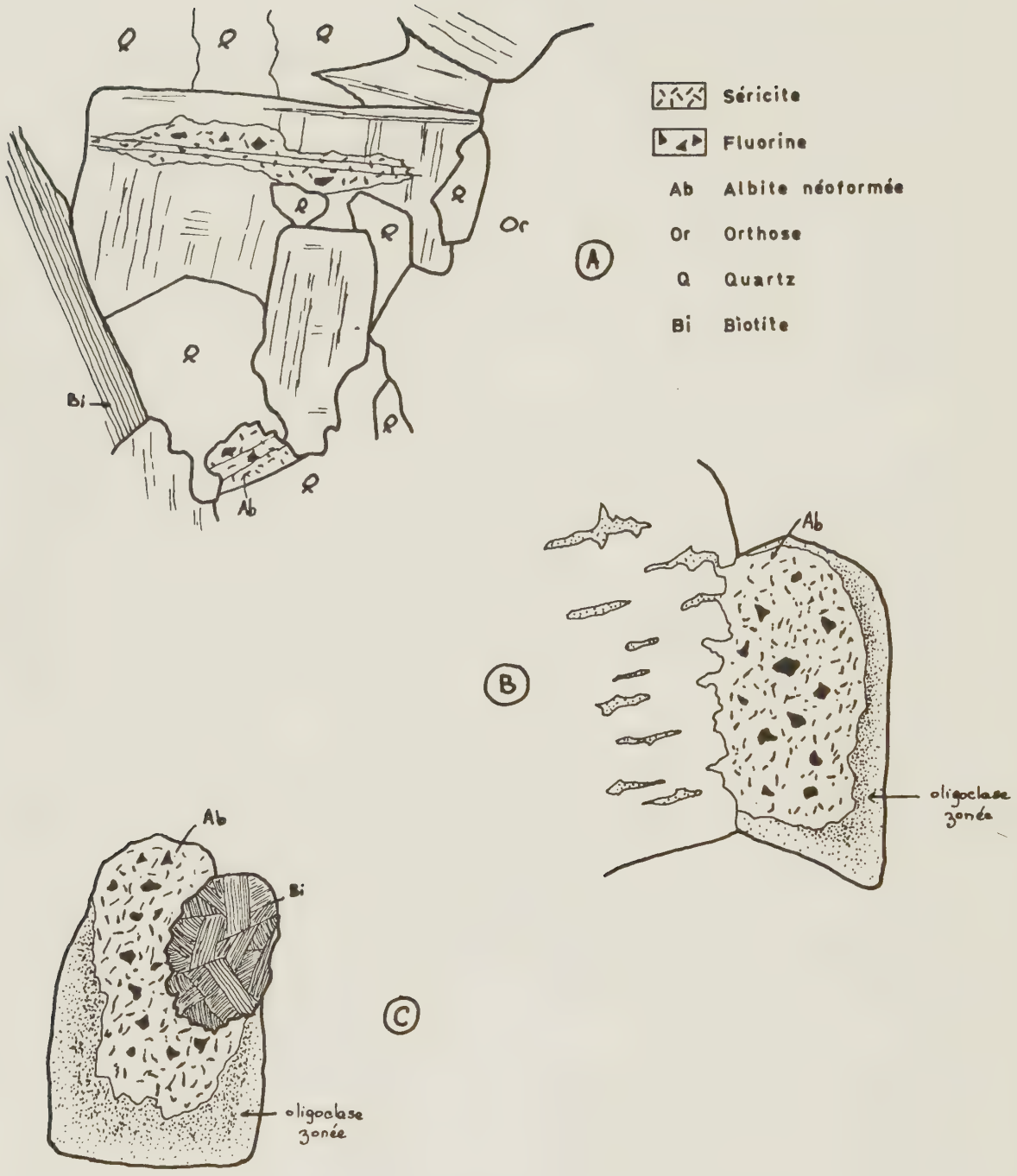


Figure 127-Dans les massifs d'I-n-Tounine et de Taessa : décalcification d'oligoclase zonée avec développement simultané de séricite et de fluorine

Cherchons maintenant à préciser la provenance et la redistribution des éléments qui prennent part à ces réactions (K, Al, Ca, F).

1 - Pour le potassium de la séricite, les sources possibles sont : la transformation d'une phase feldspath-K incluse dans l'oligoclase, l'albitisation des orthoses, la chloritisation des biotites. La troisième solution n'est guère plausible, dans la mesure où la biotite était encore stable pendant la décalcification. La seconde correspond à un fait d'observation courante dans ces granites évolués. La première solution s'exprime par la réaction suivante (Lameyre, 1966) :

$$\left.\begin{matrix} Na\ Al\ Si_3O_8 \\ Ca\ Al_2Si_2O_8 \end{matrix}\right\} + K\ Al\ Si_3O_8 + 2\ H^+ \longrightarrow K\ Al_2Al\ Si_3O_{10}\ (OH)_2 +$$

plagioclase — orthose — muscovite

$$Na\ Al\ Si_3O_8 + 2SiO_2 + Ca^{++}$$

albite

2 - L'aluminium de la séricite a été extrait de l'oligoclase, soit par la réaction précédente, soit par la réaction d'Eskola que cite J. Lameyre :

$$\left.\begin{matrix} Na\ Al\ Si_3O_8 \\ Ca\ Al_2Si_2O_8 \end{matrix}\right\} + Na + Si \longrightarrow 2\ Na\ Al\ Si_3O_8 + Ca^{++} + Al$$

oligoclase — albite

---

(1) A ses débuts, la décalcification donne des aspects très semblables au "patchy zoning".

(2) Le fer et le magnésium incorporés dans ces biotites proviennent sans doute d'un "phénocristal" pseudomorphosé qui se voit tout à côté (fig. 127 C).

Le sodium du premier membre se trouve concentré dans les fluides résiduels. Ici, la séricite se forme "par substitution du potassium au sodium (de l'albite) et l'intégration de l'aluminium mobilisé et d'eau" (Lameyre, 1966, p. 123).

3 - On constate que les deux réactions libèrent du calcium : celui-ci est incorporé sur place dans la fluorine.

2 - ELEMENTS D'ETUDE MINERALOGIQUE

2.1 - QUARTZ ET FELDSPATHS

Le quartz

Dans les granites grossiers, il forme des masses globuleuses. La tendance bipyramidée est fréquente, surtout chez les petits individus qui gravitent autour des amas ; on la remarque aussi dans le rapakiwi de Taessa. Des tronçons de contours automorphes se voient sous le microscope, particulièrement au contact des orthoses (planche 23, photo 3). Ces quartz ont donc précédé la cristallisation finale du feldspath-K.

Les feldspaths potassiques

Ces feldspaths sont les plus proches du pôle monoclinique que nous ayions rencontrés tout au long de ce mémoire. L'étude détaillée aux rayons X reste à faire, mais quelques mesures préliminaires (J. Fabriès, inédit, comm. personnelle) ont déjà suffi à confirmer les diagnoses optiques (valeurs des angles 2V et $Z \hat{} b$).

L'orthose caractérise avant tout les microgranites apicaux, où elle constitue aussi bien les phénocristaux que les grains de la mésostase : résultat logique, compte tenu de ce que ces microgranites représentent des roches ayant cristallisé rapidement à haute température (cf. les idées de Marmo, 1967). Il vaut donc la peine de rappeler ici que l'orthose est rare dans les granites de l'Ouest Africain (Fabriès et Rocci, 1965). On ne la connaît guère que dans les massifs subvolcaniques "ultimes" et dans certains rapakiwis.

Signe d'une transformation commençante en microcline, un léger moirage affecte souvent, de façon irrégulière, les feldspaths-K des granites grossiers courants. Il tend à apparaître ou à se renforcer au contact des perthites, surtout quand elles sont maclées albite, et suit parfois des microfissures. Le véritable quadrillage du microcline se voit même çà et là dans l'I-n-Tounine et le Taessa.

Zonation

Exceptionnelle dans les Taourirts du fossé pharusien, la zonation des feldspaths-K s'observe assez couramment ici. Elle n'est absente que des roches marquées par une forte évolution post-magmatique

(granites alcalins). Son origine magmatique est un fait bien établi (Gagny, 1968;Hameurt, 1968).

En lame mince, les zones se présentent comme des bandes alternativement claires et foncées pour une même position sur la platine ; elles ne font que rarement le tour complet des cristaux. Les perthites, quand elles existent, ont tendance à s'élargir et se rétrécir tout à tour en passant d'une zone à l'autre ; on doit donc supposer que les zones diffèrent, comme toujours, par leur teneur en Na_2O.

L'Aheleheg' et surtout les massifs de Tanaout offrent de nombreux exemples de ces zonations (planche 23, photo 7), l'I-n-Tounine nettement moins, le Taessa de façon épisodique. On retrouve ici la classification par profondeur croissante de mise en place.

> Cela peut sembler logique. Admettons un contrôle par des variations locales de la composition chimique du milieu, hypothèse plus réaliste selon C. Gagny (1968) que celles d'une pression ou d'une température oscillantes. Le milieu s'homogénéise moins en cas de cristallisation rapide à faible profondeur que si le dépôt est lent.

Les oligoclases des granites et microgranites subalcalins

Elles sont d'un type tout à fait courant : automorphes, assez mal maclées, zonées depuis An 28-20 % jusqu'à l'oligoclase acide ou même l'albite pure. La zonation est presque toujours progressive et les exceptions à cette règle (zonation oscillatoire) sont peu marquées ; la basicité ne saute pas brusquement entre le coeur et la bordure des cristaux, et cette dernière paraît relativement large. Il semblerait donc que la cristallisation ait eu lieu pour l'essentiel une fois le magma mis en place (Vance, 1962).

On n'observe guère d'aspects qui puissent être interprétés comme des coeurs corrodés par le magma (Vance, 1965), et le "patchy zoning" est ici la première étape de la décalcification deutérique dont il a longuement été question ci-dessus.

Le microgranite monzonitique et le granite à cordiérite d'I-n-Tounine bousculent un peu cette image. Rappelons qu'ils appartiennent à une intrusion calco-alcaline recoupant les granites normaux du massif. Les coeurs des cristaux dépassent quelquefois An 40 % (andésine), les bordures acides sont plutôt étroites et séparées du centre par un brusque saut de basicité. Il y a davantage de zonations oscillatoires, encore que celles-ci demeurent discrètes. On observe parfois des coeurs un peu corrodés, qui seraient intratelluriques (Vance, 1962, 1965).

2.2 - LES FERROMAGNESIENS ET LES ACCESSOIRES

Les amphiboles

Quelques cristaux de hornblende hastingsitique, identifiés par leur couleur et par la faible valeur de l'angle 2 V, subsistent dans le microgranite apical et dans certaines enclaves microgrenues de l'Aheleheg'. On en trouve aussi dans le granite grossier de ce massif, mais plus rarement encore. Il n'existe de cristaux isolés que dans les enclaves. Partout ailleurs, l'amphibole apparaît sous la forme de résidus très discrets au milieu d'amas de biotite. Or ces amas ont parfois des contours losangiques (planche 22, photo 1). Ce sont donc des pseudomorphoses d'anciens phénocristaux d'amphibole. Précisons que les restes d'amphibole observés dans un amas donné n'ont pas la même extinction : preuve qu'ils n'appartenaient pas au phénocristal originel, mais avaient cristallisé à ses dépens, sans doute en même temps que la biotite.

Dans l'I-n-Tounine, on observe encore des amas biotitiques à section de losange ou de prisme (planche 22, photo 2). Mais je n'y ai jamais rencontré de vestiges d'amphibole.

La biotite des granites calco-alcalins

Dans les granites grossiers et dans les microgranites apicaux, la biotite est brune à brun verdâtre. Aux paillettes dispersées s'ajoutent des amas à contours plus ou moins géométriques.

La biotite dispersée courante. Elle forme des cristaux isolés et des groupements informes ne réunissant qu'un nombre restreint d'individus. Une certaine chloritisation est la règle dans toutes les lames minces, mais elle varie beaucoup en intensité ; dans les rapakiwis du Taessa, ce phénomène a donné un sous-produit bien connu (Chayes, 1955 ; Poty, 1967/69), mais peu répandu dans nos autres massifs : l'orthose, qui dessine de longs fuseaux entre les lamelles effilochées de chlorobiotite.

Au contact du feldspath, on remarque souvent des lisérés symplectiques, où du quartz en vermicules s'associe au mica (planche 22, photos 3 et 4). La biotite bourgeonnait donc encore pendant le stade post-magmatique.

Les amas micacés à contour plus ou moins géométrique

Leur abondance est difficile à préciser, mais on peut dire qu'il s'en présente dans la plupart des échantillons étudiés.

Morphologie et interprétation. Dans l'Aheleheg', parfois aussi dans l'I-n-Tounine, les amas ont des contours de losanges ou de prismes : ce sont alors d'anciens phénocristaux d'amphibole (cf. supra, et planche 22, photos 1 et 2). Beaucoup d'autres sont arrondis ou vaguement hexagonaux (planche 22, photos 5 et 6) : on pense à d'anciens phénocristaux d'une biotite à composition un peu différente, devenue instable au cours de la cristallisation ; dans le microgranite surmontant le granite à nodules de cordiérite d'I-n-Tounine, peut-être s'agit-il d'ex-cordiérites. Aucun de ces amas n'excède 3 ou 4 mm.

Dans les granites grossiers d'I-n-Tounine et de Taessa, mais aussi de loin en loin dans les microgranites apicaux, il apparaît des accumulations centimétriques dont on serait bien en peine de définir la morphologie. Tout comme les amas bien formés, elles renferment parfois des vermicules de sphène. Ce minéral est visiblement secondaire, et d'ailleurs on ne l'observe jamais en losanges : il n'appartient nulle part à la paragenèse magmatique de ces massifs. On a donc de bonnes raisons de croire que les gros amas sans formes représentent eux aussi des pseudomorphoses, hypothèse que l'allure des autres constituants semble confirmer (voir plus loin). La perte d'automorphie des phénocristaux originels s'expliquerait par une résorption partielle dans le magma.

De manière frappante, la morphologie des amas varie avec la profondeur supposée de mise en place des massifs. Les pseudomorphoses les plus reconnaissables s'observent en effet à l'Aheleheg' ; Taessa représente l'autre extrême (1) et l'I-n-Tounine est un cas intermédiaire. Ceci paraît lié à la vitesse de cristallisation des granites ; un refroidissement lent fait durer le stade magmatique et favorise sans doute les résorptions de cristaux précoces.

Détail de la constitution des amas. D'après ses propriétés optiques banales (couleur, biréfringence), la biotite des amas semble identique à celle qui forme des cristaux dispersés. Mais elle est moins atteinte par la chloritisation deutérique (sauf dans le rapakiwi de Taessa). Dans certains amas, la biotite se trouve seule ou presque (planche 22, photo 8), tandis que dans d'autres - la majorité - il s'y associe du quartz (pl. 22, photos 2, 6, 7) et les accessoires courants du granite. Le quartz, second constituant essentiel, forme des cristaux arrondis, certainement secondaires ; souvent aussi, il se présente en vermicules (associations symplectiques). Les accessoires apparaissent bien plus concentrés ici que dans la roche. D'après certains auteurs (Kraus, 1962, cité par Capdevila, 1969), la forte teneur en ces minéraux serait due à une attraction mutuelle des premiers cristaux formés dans le magma ; mais nous allons voir que l'hypothèse ne semble guère applicable qu'au zircon.

L'apatite, troisième constituant des amas par ordre d'abondance décroissante, forme souvent des grains émoussés. On peut admettre qu'elle a cristallisé pendant la pseudomorphose, avec le Ca et le P du ferromagnésien primaire. On observe aussi des aiguilles, beaucoup plus sûrement magmatiques.

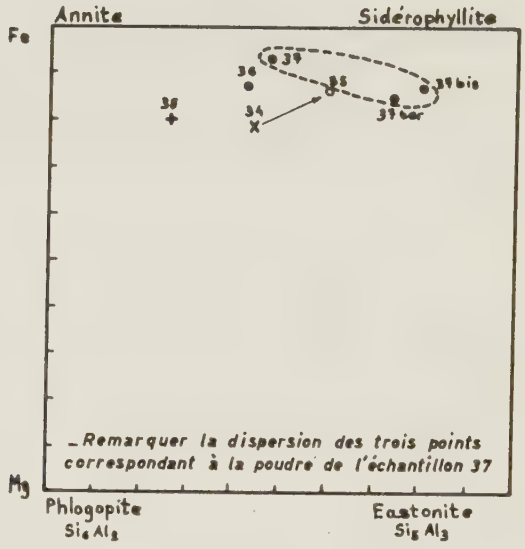
Le zircon est automorphe. Sans doute est-il hérité du stade magmatique primaire. On peut voir des cristaux couchés en synneusis contre les bords polygonaux des amas (2).

---

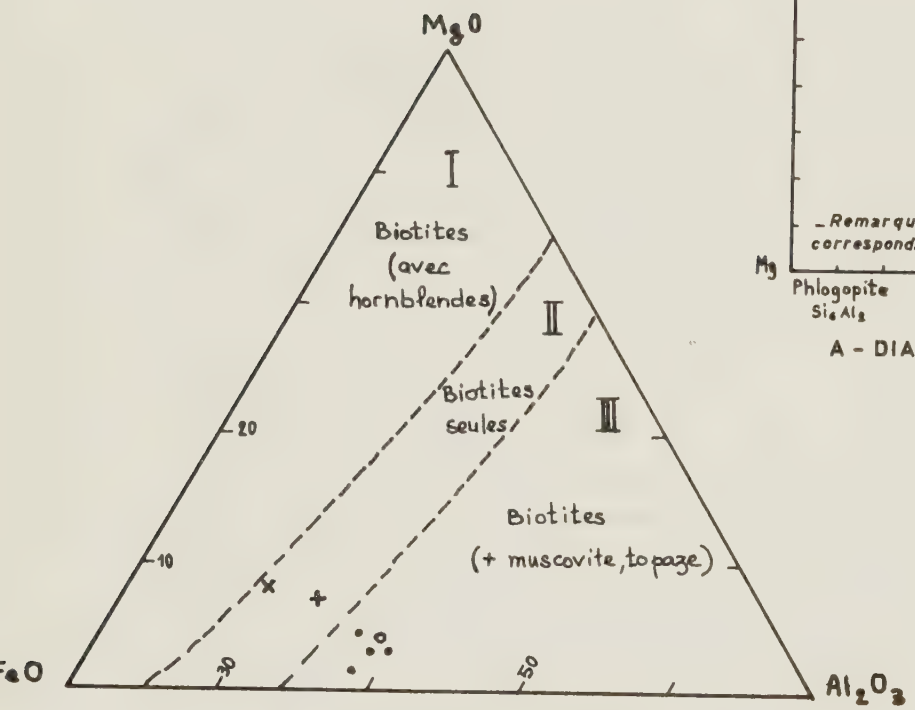
(1) Sauf en ce qui concerne les amas piégés dans les ovoïdes. Malgré une chloritisation poussée, malgré des aspects symplectiques exceptionnellement développés, ces amas - qui sont d'ailleurs de petite taille - restent bien arrondis.

(2) Peut-être a-t-on tendance à oublier que le terme de synneusis ne s'applique pas qu'aux plagioclases (Vance, 1969).

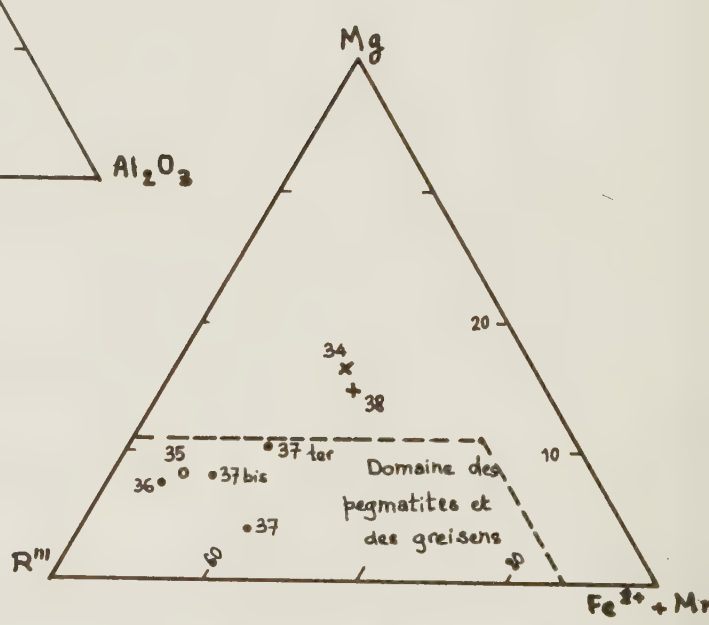
Figure 128-CHIMISME DES BIOTITES DE L'AHELEHEG' ET DE L'I-N-TOUNINE



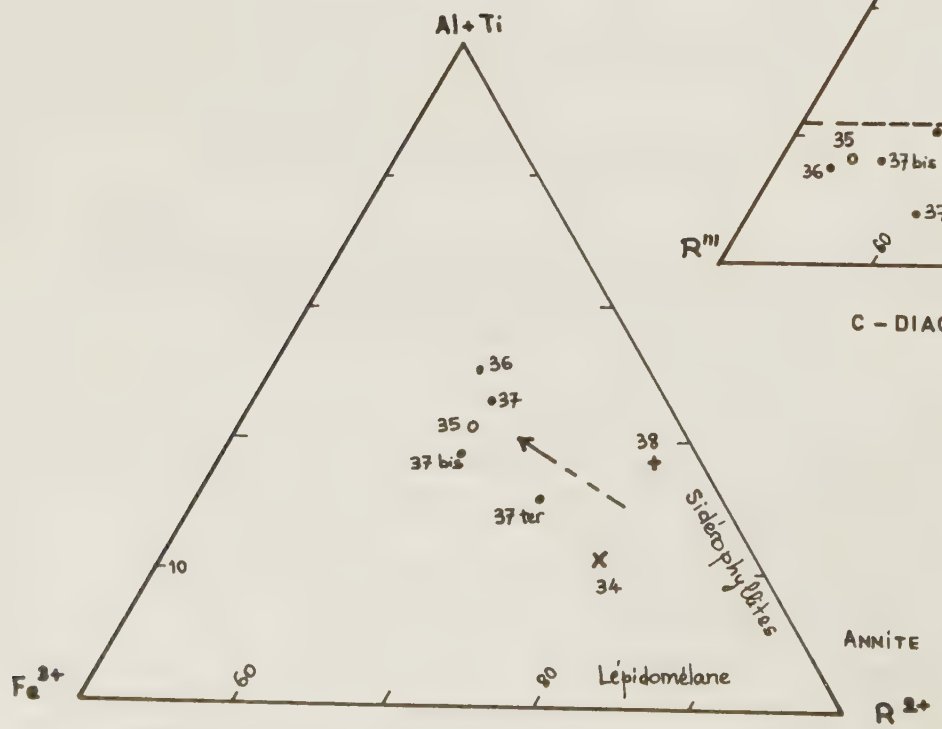
A - DIAGRAMME DE A.N. WINCHELL



B-DIAGRAMME DE NOCKOLDS



C - DIAGRAMME DE FOSTER



D - RELATION ENTRE (Al+Ti), Fe^{3+} et R^{2+} DANS LES SITES OCTAÉDRIQUES DES Fe-BIOTITES

Le sphène a été décrit plus haut. Il est rare, toujours en vermicules secondaires.

Les opaques, localement assez abondants, n'ont pas de formes cristallines, et seraient des sous-produits de la pseudomorphose.

La fluorine est un constituant occasionnel. La pseudomorphose date alors d'un stade tardi- à post-magmatique de l'évolution des roches. (Ce n'est pas forcément le cas : les photos 1 et 8 de la planche 22 montrent peut-être des pseudomorphoses réalisées dans le magma).

Etude chimique (figure 128)

Cette étude sera plus développée dans un article ultérieur. Les 5 biotites analysées se répartissent en 2 lots :

1 - m.34, granite grossier de l'Aheleheg',
m.38, microgranite monzonitique de la boutonnière d'I-n-Tounine (massif dit "I-n-Tounine bis") ;

2 - m.35, nid de pegmatite situé au contact externe de l'Aheleheg' dans l'oued Ouazen,
m.36 et 37, granite grossier d'I-n-Tounine, un peu albitisé (début de la transition aux granites alcalins évolués).

Ces biotites sont pauvres en magnésium. Les deux lots correspondent à deux degrés d'évolution, comme l'étude pétrographique des roches le laissait bien prévoir. Cette évolution se traduit par l'augmentation de R"', avec constance relative du rapport $\frac{Fe^{2+} + Mn}{Mg}$. Al^{VI} et Fe^{3+} y concourent tous deux, mais le premier de ces éléments plus que le second. De plus, Al augmente par rapport à R^{2+} (on peut négliger Ti, dont les variations ne paraissent pas systématiques).

Sur le diagramme de S.R. Nockolds (1947), les deux points du 1er lot tombent dans le domaine des biotites sans autres ferromagnésiens associés, tandis que le 2ème groupe se place dans le domaine

des biotites accompagnées par la muscovite et la topaze. Ceci est conforme aux faits d'observation.

Sur le diagramme de M.D. Foster (1960), les biotites des granites évolués tombent dans le champ des pegmatites. Quant au carré de A.N. Winchell (1959), il n'est vraiment instructif que par son ambiguïté : la dispersion des points correspondant aux 3 analyses de la même poudre (37, 37 bis, 37 ter) donne en effet à réfléchir.

En conclusion, malgré le coup de semonce de la triple analyse 37, les résultats présentés ici semblent cohérents dans leurs grandes lignes. Toutefois, l'évolution ainsi mise en évidence n'a de valeur chronologique que dans une intrusion donnée : rappelons que la biotite m.38 est postérieure aux échantillons 36 et 37, de chimisme plus "évolué".

Les micas des granites alcalins

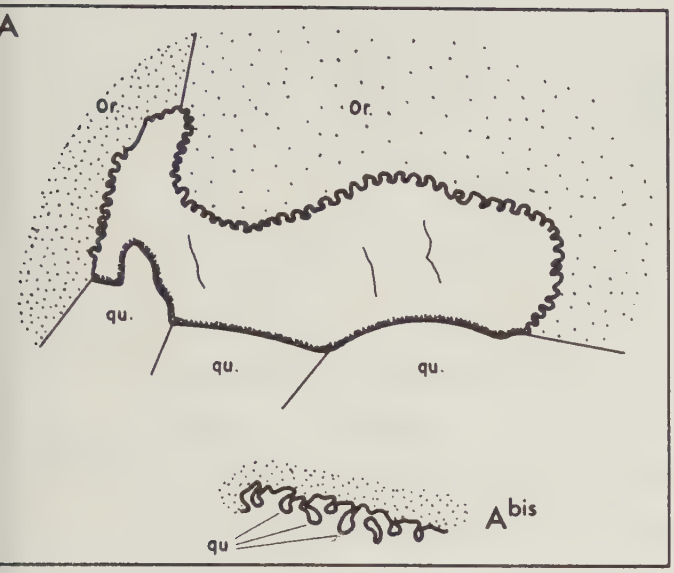
Ils sont plus ou moins enrichis en lithium.
L'aplite à topaze de Hanana renferme même une zinnwaldite (m.39).

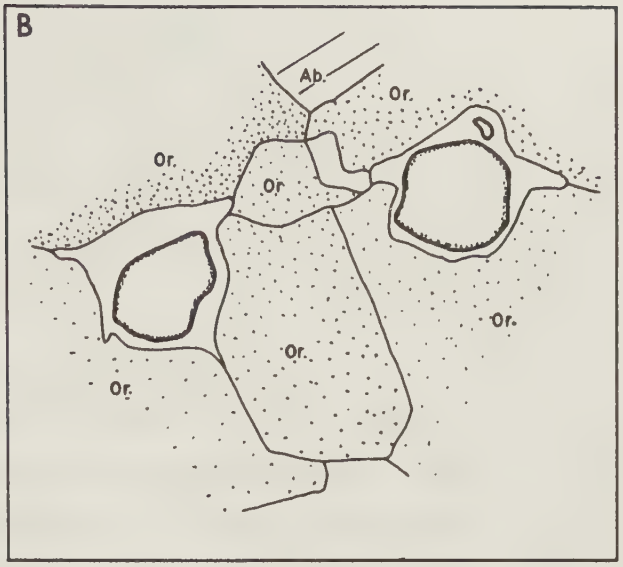
Parfois, les caractères observés correspondent encore tout à fait à ceux d'une biotite, noire sur l'échantillon, brune sous le microscope. Mais en général, le mica est gris brunâtre, ponctué de taches brunes qui sont des halos pléochroïques centrés sur de minuscules zircons ou monazites. Il reste uniaxe, sauf dans les variétés les plus lithinifères. Certaines lames minces permettent d'observer une décoloration progressive de la biotite.

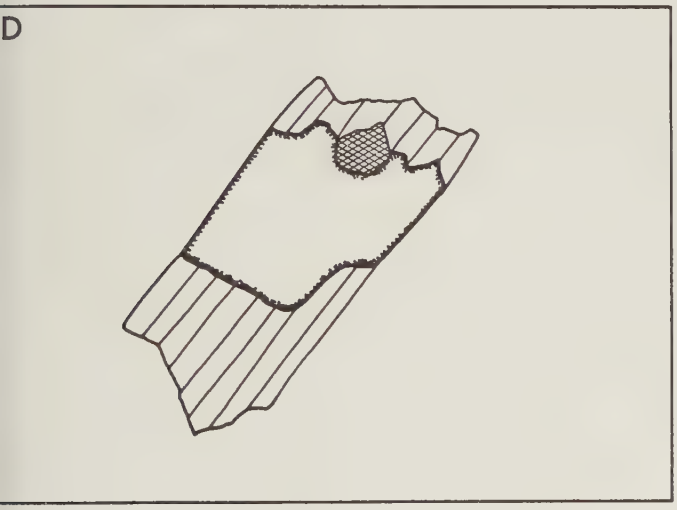
Lorsqu'il s'agit encore de biotite foncée, elle paraît moins souvent chloritisée que celle des granites calco-alcalins.

Les accessoires courants (en dehors des amas biotitiques) et la topaze

Les accessoires courants sont peu répandus ailleurs que dans les amas micacés. Outre les minéraux déjà décrits, ils comprennent :







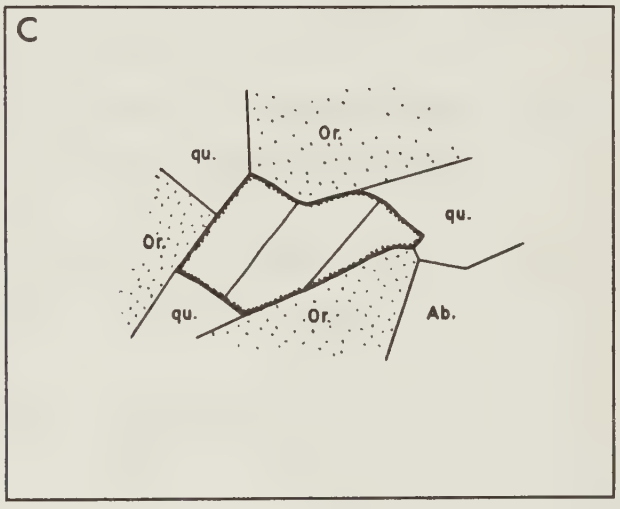


Figure 129 : Divers habitus de la topaze dans les granites alcalins d'I-n-Tounine

Les grains de topaze sont délimités par des traits forts.

qu = quartz - Or = feldspath potassique - Ab = albite.

A. Topaze présentant une bordure blastique au contact du feldspath potassique (X100).

Abis. Détail de la figure 133 A : bourgeons de topaze en association symplectique avec des vermicules de quartz.

B. Topazes entourées de quartz réactionnel, dans un assemblage à dominante de feldspath potassique (X100).

C. Topaze interstitielle à contours géométriques (X60)

D. Topaze (+ un grain de fluorine) dans une albite (X70).

- L'allanite. On la trouve surtout dans le microgranite monzonitique d'I-n-Tounine et dans les plus sombres parmi les enclaves microgrenues de l'Aheleheg'. Elle est toujours métamicte à des degrés divers, alors que sa fraîcheur frappe souvent dans les Taourirts du fossé pharusien (Tioueiine, Iseddiène).

- Quelques minerais.

La topaze présente deux habitus (planche 24, photos 6 et 7) : plages xénomorphes envahissant les albites, grains ramassés se logeant entre les constituants usuels de la roche. Le premier aspect se rencontre dans toutes les variétés de granites alcalins, mais surtout dans celles, relativement peu évolués, qui passent en continuité au type grossier banal. Le second type de cristaux apparaît principalement dans les granites tardifs à tendance aplitique.

Au contact des feldspaths potassiques, la topaze bourgeonne en s'entourant d'un film de quartz réactionnel (fig. 129). La réaction est la suivante (1) :

$$2\ [K\ Al\ Si_3O_8] \quad + \quad 2\ [Al_2(SiO_4)\ (OH, F)_2] \longrightarrow$$

orthose — topaze

$$2SiO_2 + K_2Al_4\ (Si_6Al_2O_{20})\ (OH, F)_4$$

quartz — muscovite

---

(1) Comme on peut le constater, il suffit de remplacer la topaze par la sillimanite, minéral de composition voisine, pour tomber sur une des réactions les plus connues de la pétrologie.

CONCLUSION

Les Taourirts de Tamanrasset nous permettent de saisir sur le vif, mieux que d'habitude, la progression de l'activité deutérique aux dépens des minéraux du stade magmatique. Ce dernier est encore bien en évidence dans les granites courants, grâce aux quartz à section hexagonale, aux zonations d'oligoclases et d'orthoses, aux fantômes d'amphiboles, et à l'ordre tout à fait classique de succession des minéraux (amphibole - biotite - oligoclase - quartz + orthose). Au stade deutérique, il convient de rapporter avant tout l'albitisation, dont la modalité la plus intéressante reste la décalcification des oligoclases primaires du granite courant, accompagnée par la formation du couple séricite-fluorine. Ajoutons la chloritisation assez poussée des biotites et, dans les termes évolués, l'apparition de la topaze. Les pseudomorphoses d'anciens phénocristaux de ferromagnésiens dateraient, selon les cas, de l'un ou l'autre stade ; une proportion élevée de quartz et de fluorine dans un amas semble indiquer un phénomène post-magmatique.

CHAPITRE XIX

LES MASSIFS DE L'AHAGGAR MERIDIONAL : GROUPE DE LAOUNI, GROUPE DES BAOUINET

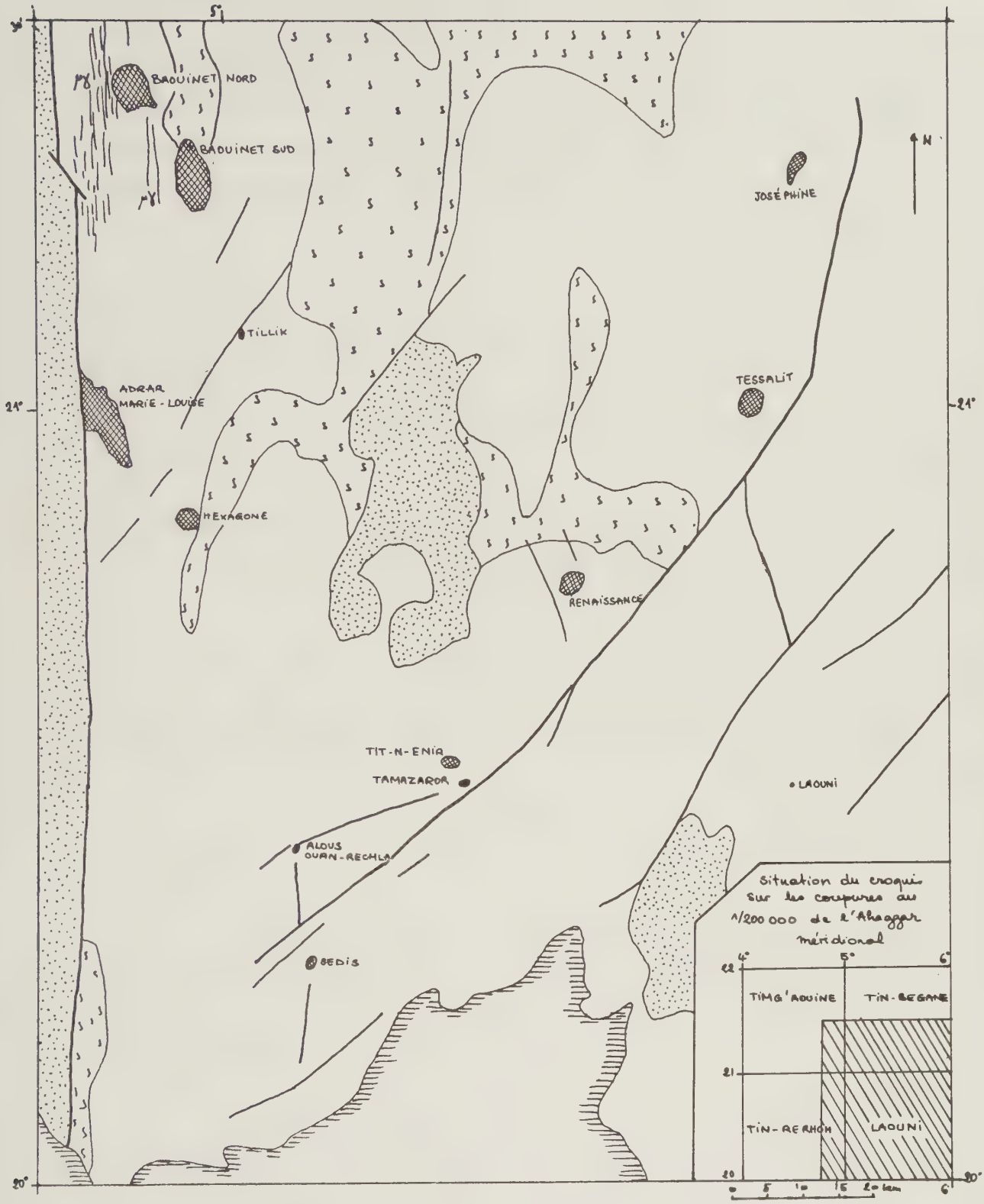
Des deux groupes décrits dans ce chapitre, le plus intéressant est sans aucun doute celui de Laouni. Au moins 4 de ses massifs se signalent à notre attention par leur très forte activité post-magmatique ; deux d'entre eux recèlent les plus belles minéralisations en wolframite de l'Ahaggar.

SECTION A

LES GRANITES DE LAOUNI

Au cours de l'hiver 1959-1960, la mission "de prospection générale" du B.R.G.M. découvrit des granites minéralisés en wolframite dans un secteur de l'Ahaggar méridional qui était resté tout à fait inexploré jusqu'alors. Entreprise aussitôt après, une prospection systématique confirmait l'intérêt des plus gros indices ; mon étude était synchronisée avec cette phase de la recherche. Puis vint une campagne de travaux miniers, étalée sur plusieurs années ; les résultats en ont été consignés dans divers rapports dont il serait trop long de résumer ici la teneur. L'historique placé en tête du mémoire énumère les plus importants de ces textes inédits.

Figure 130 : REPARTITION DES DERNIERS GRANITES
DANS LE SUD DU "COMPARTIMENT DE L'AHAGGAR CENTRAL"



- Grès des Tassilis
- Granites post-tectoniques circonscrits
- Pluton régional (Pharusien probable)
- Dykes Nord-Sud de microgranite
- Bassins épimétamorphiques attribués au Pharusien
- Formations antépharusiennes
- Failles et filons de quartz

(schématisé d'après la carte géologique à 1/500 000 de l'Ahaggar, B.R.G.M.-Alger, 1961)

L'introduction de la 3ème partie (chapitre XIV) présente les granites de Laouni et souligne l'intérêt - mais aussi l'ambiguïté - du contrôle structural observé au niveau de l'affleurement. Rappelons l'essentiel : 5 petites coupoles (3 à 4 km de grand axe) apparaissent régulièrement échelonnées le long d'un accident NE-SW (fig. 130) : Joséphine, Tessalit, Renaissance, Tit-n-Enir et Sedis. A cette liste, il convient d'ajouter les pointements encore plus petits de Tamazaror et de Alous-Ouan-Rechla.

> Enfin, au fur et à mesure des itinéraires, la mission Bonnici 1960-61 a découvert ici et là des filons isolés dans le reg, ainsi que des affleurements minuscules de granite pneumatolytique ("Austerlitz", "La Pipe", "Brigitte", "Parsifal"). D'après l'état des connaissances en 1961, la plupart d'entre eux se trouvent dans les parages des pointements de Tit-n-Enir et de Ouan-Rechla. Il n'en sera pas question ici.

Dans le paysage, les principaux massifs - sauf le Tessalit- ont une allure caractéristique. Ce sont des galettes à profil légèrement bombé, posées sur le reg mi-rocailleux, mi-ensablé.

Les feuilles Tin-Begane et Laouni de l'IGN représentent avec une bonne précision les contours de ces "galettes", mais ne donnent aucun nom. C'est pourquoi je fournirai les coordonnées approximatives de chaque massif.

Caractères pétrographiques généraux des granites de Laouni

Malgré leur petite taille, plusieurs de ces massifs ont une constitution assez complexe. Mais les contacts internes ne seront guère décrits, car le travail sur le terrain remonte à 1960 et il faudrait revoir bien des affleurements. Seul le Tessalit a été visité de nouveau, trop brièvement, en 1964. Presque toute cette étude est donc bâtie sur quelques caractères observés en lame mince.

Les granites alcalins

Les coupoles de Renaissance, de Sedis et de Joséphine sont entièrement constituées par ce qu'on peut appeler le type pétrographique de base ; Tit-n-Enir l'est pour un bon tiers, Tessalit pour une part plus réduite. Il s'agit d'un granite alcalin (analyses 95 à 98 et 101 à 104), dont la composition se résume ainsi :

- quartz en globules, abondant (environ 30 % de la roche) ;

- microcline peu perthitique, à quadrillage secondaire très inégalement développé ;

- albite en cristaux autonomes et en plages poussant à l'intérieur des microclines ;

- mica très peu coloré, biaxe mais à 2V variable, semblant lithinifère (5 % maximum de la roche) ;

- topaze et fluorine.

Les variétés de granite que l'on peut rattacher à cette composition-type diffèrent par leur grain et par les proportions relatives des deux feldspaths.

Granite subporphyroïde grossier (analyses 95 et 103). Les quartz, bien arrondis et amoncelés, peuvent atteindre 5 mm. Le feldspath potassique forme des phénocristaux longs de

1 à 2 cm, maclés Carlsbad, sporadiquement orientés, et des cristaux moins automorphes. L'albite est d'abondance égale ou un peu inférieure à celle du feldspath-K. Elle recèle souvent l'association séricite (ou muscovite) + fluorine, qui incite à diagnostiquer d'anciennes oligoclases, complètement transformées par les phénomènes deutériques (cf. chapitre XVIII). Cette roche dérive donc sans doute d'un ancien granite calco-alcalin.

Granites hétérogranulaires. Les plus individualisés ont une texture porphyrique, à petits phénocristaux (quartz ronds, microcline et albite) flottant dans une mésostase (1). Mais il existe tous les intermédiaires avec le granite grossier. Il y a souvent un peu plus d'albite que dans ce dernier ; là encore, on note une certaine variabilité.

Granites équigranulaires à grain moyen ou fin. Ils sont plus nettement albitiques et représentent des différenciés tardifs.

Les granites de Tamazaror et de Ouan-Rechla sont franchement albitiques. Ils méritent d'être décrits à part, plus encore que les termes différenciés sodiques dont il était question ci-dessus.

Les granites calco-alcalins

Ils forment les 2/3 du Tit-n-Enir et la majeure partie du Tessalit. Aussi ces massifs sont-ils les moins minéralisés du groupe, les moins marqués par les manifestations pneumatolytiques.

En principe, ces roches sont des granites monzonitiques à phénocristaux de microcline, à oligoclase en lattes automorphes et zonées, et à biotite. Mais dans le Tit-n-Enir, on remarque une décalcification commençante des oligoclases ; l'albite secondaire, une fois de plus (cf. chapitre XVIII), se charge de séricite et de fluorine. Le chimisme devient subalcalin, voire même alcalin quand l'évolution s'accentue.

Ceci nous confirme dans l'idée que le granite alcalin grossier est le résultat de l'évolution post-magmatique d'un granite calco-alcalin. Il en va sans doute de même pour les granites alcalins hétérogranulaires. Nous avons donc affaire ici à des "apogranites" (Beus et al., 1962).

---

(1) Planche 26, photo 5 -

Ordre de description des massifs

L'accent n'étant pas mis dans ce mémoire sur la reconnaissance des indices de wolframite, rien ne nous impose *à priori* de commencer par l'étude des massifs les plus minéralisés (Renaissance, Sedis). De notre point de vue, le phénomène important est l'histoire post-magmatique des granites. On en suivra la progression dans les 4 massifs de Tessalit, Ti-n-Enir, Renaissance et Tamazaror. Des quatre, les plus originaux sont le premier et le dernier nommés. Les autres intrusions ne seront plus mentionnées que pour mémoire, soit qu'elles n'apportent rien de nouveau (Sedis et Joséphine, répliques affadies de Renaissance), soit que leur véritable intérêt ait déjà fait l'objet de publications par d'autres auteurs (Alous-Ouan-Rechla et ses pegmatites).

1 - TESSALIT ET SES ENCLAVES GNEISSIQUES

Traversé par la piste automobile de Tamanrasset à In-Guezzam, ce massif se trouve en bordure sud de la coupure Tin-Begane. (Coordonnées approximatives : x = 5°42', y = 21°01'. Cote 817 m sur la carte de l'IGN).

A propos de ce nom : Tessalit

> Au milieu des regs granitiques, il est fréquent de voir surgir des coupoles parfaitement dégagées, des calottes presque sphériques, que les Touaregs désignent sous le nom de "tessalit" (Lelubre, 1952-b, p. 207). Dans le cas présent, l'emploi du mot est assez justifié par la morphologie, mais on doit remarquer que la vieille carte au 1/1 000 000 mentionne un Adrar Tessalit fort étendu et quelque peu mythique, 50 km plus à l'Ouest sur la feuille Laouni. D'autre part, on peut regretter un risque de confusion avec le Tessalit bien connu des confins Iforas-Ahaggar.

Fig.131 - CROQUIS SCHÉMATIQUE DU MASSIF DE TESSALIT
(D'après les photos aériennes NF.31 XII-159 et 223)

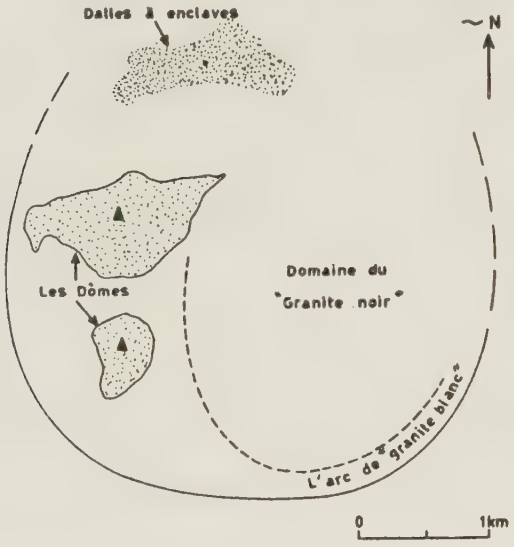
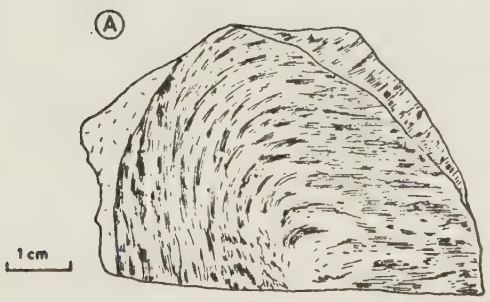
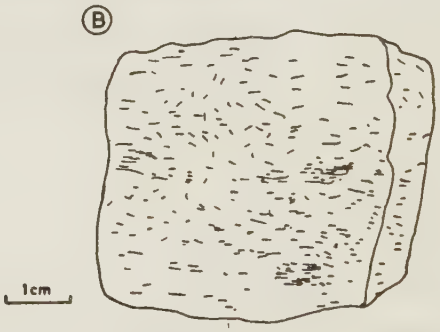


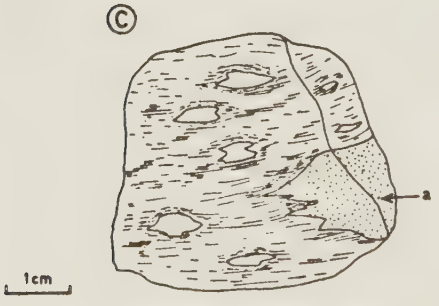
Fig.132 - QUELQUES ASPECTS DES ENCLAVES GNEISSIQUES DU TESSALIT



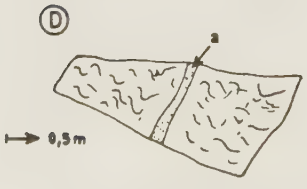
Echantillon d'enclave plissée



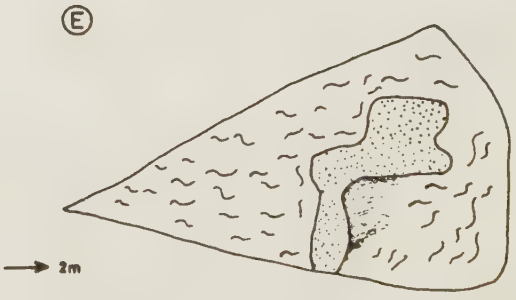
Echantillon d'enclave à foliation confuse



Echantillon de gneiss œillé peu ondulé, et mobilisat ± diffus d'aplite (a)



Gneiss "tourbillonnaire", et filonnet sécant d'aplite (a), le tout en enclave.



Dans une enclave de gneiss tourbillonnaire, association d'un mobilisat d'aplite (a) et d'un amas surmicacé passant progressivement au gneiss.

La mission 1959-60 du B.R.G.M. avait établi l'existence du massif en identifiant un granite alcalin type Laouni, très en contraste avec la roche à gros phénocristaux du pluton régional. A un endroit en effet, on distingue sur la photo aérienne NF 31 XII n° 159 une limite courbe de massif circonscrit (fig. 131). Mais 3 km au Nord, on ne voit plus cette limite, ou bien elle est suggérée de manière trompeuse par la photo (NF 31 XII, n° 223). Le massif semble donc avoir perdu son individualité, à tel point que lors d'une première tournée, j'avais nié l'existence d'un granite circonscrit.

Que le massif existe ne fait maintenant aucun doute. Il mesure environ 3,5 km de diamètre. Sa géologie apparaît fort originale, mais une étude trop rapide et des affleurements discontinus font que les problèmes demeurent en suspens.

L'encaissant. On y observe surtout un granite porphyroïde de teinte assez claire. Le grain de cette roche est partout grossier, mais les phénocristaux sont dans l'ensemble beaucoup plus gros au Sud qu'au Nord. Les biotites exhibent une légère orientation nord-sud. Un granite orienté à grain fin se voit à l'Est. Entre ces deux granites, on devine une étroite bande de gneiss à biotite, foliés nord-sud et plus ou moins oeillés (orthogneiss probables). Pour la suite du texte, il est important de noter que toutes ces roches contiennent du sphène à macles polysynthétiques.

Les granites

Le "granite blanc" du bord sud : il dessine un arc épais de 200 à 300 m, convexe vers le Sud : c'est le seul trait qui apparaisse sur la photo aérienne.

La roche est équigranulaire, de grain constant (2-3 mm), et a la composition courante des granites alcalins de Laouni. Quelques pegmatites de bordure soulignent cette analogie. Sur le reg encaissant, on rencontre des affleurements sporadiques de greisens surmicacés et des filons d'aplite albitique.

Le granite des reliefs : c'est encore un granite à grain moyen, un peu plus grossier toutefois que le précédent, dont il diffère surtout par un caractère moins évolué : si l'on note encore la

présence caractéristique de fluorine et de séricite dans les albites (signe que le plagioclase primaire était plus calcique), on remarque aussi de la biotite, dispersée, peu abondante, en voie de chloritisation.

Cette roche semble former la bordure ouest de l'intrusion, et en particulier les deux dômes. Affleurant sur une largeur de plus de 1 km, elle relayerait le "granite blanc" vers le Nord (fig. 131).

Le "granite noir" du centre et ses relations avec les autres granites : cette roche est très hétérogranulaire. Elle comporte une mésostase fine, abondante, assez riche en biotite (d'où le nom de "granite noir"). La biotite y forme surtout des amas effilochés, assez aplatis et étirés, mais se disperse aussi en fines paillettes isolées. Elle communique à la roche une orientation relativement nette, plus linéaire que planaire semble-t-il, et proche de Nord-Sud. Dans cette pâte, on voit flotter sans ordre d'assez nombreux microclines, qui mesurent de 0,5 à 1 cm et se trouvent plus ou moins ovalisés, voire brisés. Les deux granulométries extrêmes sont réunies par toute une gamme d'intermédiaires.

Sous le microscope, la coexistence de "phénocristaux" émoussés et de fines mosaïques fait penser à une texture en mortier très évoluée. Les petits grains polygonaux des mosaïques consistent surtout en quartz et en microcline moiré, mais aussi en plagioclase acide. La fluorine peut former de grosses plages interstitielles.

Dans l'ensemble de la roche, on observe une diversité surprenante de plagioclases : parmi les plus gros individus - moins volumineux cependant que les microclines - on a rencontré une andésine sodique à coeur corrodé ("patchy zoning"). Ce cristal, d'origine magmatique, est certainement résiduel ; la plupart des autres grains d'habitus comparable sont nettement plus acides, et peuvent renfermer le couple classique fluorine-séricite. A ces plagioclases s'ajoutent les polygones d'albite ou d'oligoclase sodique de la mésostase fine.

Le "granite noir" présente donc des particularités nouvelles : texture en mortier, orientation nord-sud. Pour expliquer ceci avec les connaissances disponibles, il est difficile de choisir entre l'influence

de contraintes régionales [1] ou l'écoulement d'une masse en grande partie cristallisée.

Ces caractères texturaux laissent supposer que le "granite noir" a précédé les autres, qui sont équants et indemmes de protoclases. En particulier, le "granite blanc" aurait été mis en place dans une fracture courbe, ouverte entre l'encaissant et le "granite noir" à la suite d'un léger affaissement de ce dernier. Toujours est-il que faute d'affleurements, on a du mal à élucider les rapports entre les roches.

Au Sud, le contact avec l'arc de "granite blanc" semble annoncé par une variation porphyrique sombre du "granite noir" ; or l'arc renferme de petites enclaves rappelant la roche porphyrique et envoie dans celle-ci des filonnets. Le porphyre représenterait alors une bordure figée du granite noir, non pas contre le "granite blanc" qui est postérieur, mais contre l'encaissant avant la fracturation annulaire supposée.

Sur les dalles peu inclinées qui raccordent les plus grand des deux dômes au reg de l'Est, le "granite noir" est recoupé par la roche claire des reliefs, équivalent probable du "granite blanc".

Au Nord, le "granite noir" paraît s'étendre jusqu'à l'encaissant. Mais la limite est très difficile à reconnaître et à suivre. Apparemment, elle passe sur les dalles qui émergent du reg à 1 km au Nord du sommet principal. On observe là des échines, des corps plus ou moins filoniens, en granites d'attribution malaisée ; le granite encaissant lui-même n'est guère caractéristique à cet endroit. C'est dans ce secteur que pullulent les enclaves à faciès gneissique dont il va être question.

Les enclaves gneissiques

Plutôt anguleuses, elles sont d'une taille variable, qui va de 10 cm jusqu'à plusieurs mètres. D'après leur disposition, on peut

---

(1) D'après les photos aériennes, un accident nord-sud assez important passe juste à l'Ouest du massif. On ne peut exclure qu'un mouvement de coulissage ait accompagné la cristallisation du magma.

affirmer qu'elles ont été déplacées. Elles sont formées de gneiss assez fin à quartz - oligoclase - microcline - biotite. On note cependant une certaine diversité d'aspects (fig. 132) :

1. Gneiss clairs à grain homogène, uniformément zébrés de noir. La biotite dessine des traînées diffuses, des amas effilochés, un peu comme dans le "granite noir". Détail caractéristique, le rubanement est souvent affecté de replis désordonnés qui évoquent des structures d'anatexites. Ce type d'enclave est le plus courant (fig. 132 A, D, E).

2. Gneiss leucocrates, dont le rubanement confus se perd dans des plages subéquantes (fig. 132 B). Ils renferment quelques gros microclines ovalisés, qui sont des "yeux" résiduels dans une trame recristallisée (texture "en mortier" évoluée), et non des porphyroblastes.

3. Gneiss mésocrates à rubanement très fin et un peu ondulé. Ces roches sont parsemées de microclines arrondis (0,5 cm environ) que contourne la foliation (fig. 132 C).

4. Gneiss sombres, hyperbiotitiques.

Certaines enclaves ont une constitution très hétérogène et complexe. Elles renferment à la fois des passées d'aplite blanche à quartz + plagioclase acide + orthose, et des loupes noires à biotite + fluorine. Les aplites dessinent des filonnets à bords parallèles (D), ou des masses nuageuses (C, E) ; elles sont recoupées par les granites du Tessalit. Les amas surmicacés ont eux aussi des contours tantôt flous (E), tantôt nets et géométriques ; ils sont bourrés de fluorine.

Les enclaves baignent soit dans le "granite noir", soit dans des leucogranites plus récents d'attribution douteuse. A l'intérieur du massif, et en particulier dans le granite des reliefs, on en rencontre encore, moins anguleuses en général et de structure plus simple : fragments homogènes de gneiss à foliation contournée, amas isolés de biotite + fluorine. Enfin, signalons pour mémoire quelques enclaves microgrenues de type banal.

Interprétation des enclaves gneissiques

En se référant à des exemples comme ceux des massifs de Ti-n-Erit (ci-dessus, chapitre XI) et de Colville (Waters et Krauskopf, 1941), on pouvait d'abord envisager l'hypothèse d'une bordure protoclastique, disloquée pendant la fin de la mise en place. Mais la présence de sphène dans certaines enclaves indique à coup sûr qu'une partie au moins du matériel provient de l'encaissant.

Or il n'y a guère de gneiss alentour. On n'en connaît qu'au Sud, et le banc en question se prolonge bien à l'écart des dalles à enclaves. D'autre part, la foliation folle des enclaves n'est ni celle des gneiss "suggariens", ni celle des anatexites présentes autour de tel ou tel pluton à bords diffus. Il reste alors une solution : nous avons affaire à des orthogneiss du granite encaissant, et la grande plasticité dont témoignent les plissottements est due à un début de fusion sous l'influence du magma intrusif : ce serait un cas "d'anatexie induite", tel qu'on en observe par exemple à la périphérie du granite de Costabonne, dans les Pyrénées orientales (Autran et al., 1970).

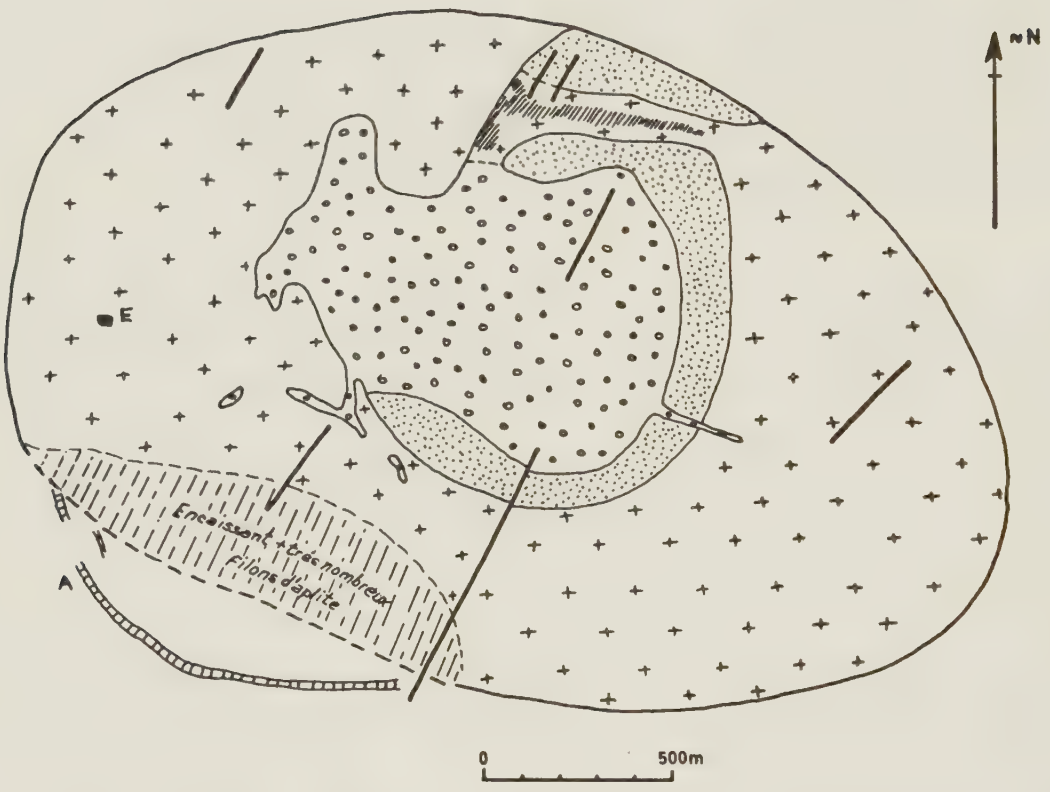
Les aplites qui imbibent ou découpent beaucoup d'enclaves seraient alors des produits de cette anatexie induite. Pour les amas surmicacés, deux origines sont concevables *a priori* : reliquats après fusion partielle (restites), ou greisens. La seconde solution est la plus probable dans le cas - très fréquent - où l'amas est bourré de fluorine.

> Rappelons par exemple qu'au toit du granite à albite de Montebras (Creuse), des "greisens ultramicacés" se sont formés aux dépens du granite porphyroïde encaissant et se retrouvent en enclaves dans la masse intrusive (Aubert et al., 1966).

On notera que beaucoup d'enclaves ont des formes anguleuses et que pour la plupart, elles apparaissent déplacées. Il semblerait donc qu'un phénomène d'abattage ait suivi la fusion partielle et le fluage. (L'hypothèse est également envisagée à Costabonne par Autran et al., op. cit.).

De cette étude, il ressort que le Tessalit est sans doute dissymétrique, avec au Nord une limite très peu inclinée et au Sud un contact vertical ou à fort pendage interne.

Figure 133-LE MASSIF DE TIT-N-ENIR



+ + Granite calco-alcalin porphyroïde

Microgranite calco-alcalin

Granite alcalin central

Zone d'influence du granite central

Encaissant + très nombreux filons d'aplite

A Filon d'aplite

Filon de quartz

E Enclave ou pendentif d'encaissant

2 - TIT-N-ENIR (1)

Les granites

L'intrusion mesure 2,5 x 1,5 km (figure 133). Tessalit mis à part, elle est la plus complexe du groupe de Laouni. Trois granites bien contrastés y affleurent.

Tout autour, on observe un granite porphyroïde, qui comprend :

- Des phénocristaux de microcline perthitique (2 x 1 cm), très nombreux et souvent orientés.
- Du quartz en globules de 5 mm.
- Quelques grandes albites automorphes, renfermant séricite et fluorine (ex-oligoclases).
- De la biotite brun acajou, parfois un peu pâlie ou chloritisée.
- Un peu de muscovite secondaire.
- Une mésostase quartzo-feldspathique, à grain moyen mais passant aux phénocristaux par tous les intermédiaires. Elle renferme un peu de microcline et une dominante de plagioclase ± décalcifié (à séricite et fluorine).

Dans son état actuel, le granite est subalcalin à alcalin (analyse 99). Il paraît à peine plus calcique que le granite grossier de Renaissance (analyse 95) et l'on peut estimer que, à des détails texturaux près (caractère plus porphyrique à Tit-n-Enir), il en représente un équivalent, moins affecté toutefois par la décalcification post-magmatique.

Au milieu se place un ruban courbe de microgranite porphyrique à biotite dispersée, contenant quelques gros phénocristaux de microcline. On y remarque en particulier :

---

(1) Coordonnées approximatives : x = 5°18', y = 20°35'. Cote 643 m sur la feuille Laouni de l'IGN. N. Villatte (1911) mentionne le point d'eau de "Tit-n-Aïr", désignation que la vieille carte au 1/1 000 000 transforme en "Tit-n-Ahir". Les prospecteurs du B.R.G.M. ont préféré : Tit-n-Enir (= "la source de l'antilope").

. L'oligoclase, qui forme de nombreux bâtonnets subautomorphes et zonés ; elle renferme parfois l'association classique de séricite + fluorine.

. La naissance de petites albites maclées, discordantes sur les autres feldspaths.

. Des associations graphiques de microcline et de quartz, ainsi qu'un peu de myrmékite.

. La biotite chloritisée, anciennement brune.

. L'abondance de magnétite automorphe.

L'analyse (n° 100) est celle d'un granite calco-alcalin à tendance monzonitique. Parmi les autres massifs méridionaux, le seul qui renferme une roche comparable est l'Adrar Marie-Louise.

Au centre apparaît un granite alcalin, conforme au type courant de la région. Il comprend des variétés assez grossières à tendance porphyroïde (analyse 101) et un faciès de bordure à grain très fin (analyse 102).

A la bordure SW s'observent quelques greisens surmicacés, parcourus par des filonnets de quartz, les uns étant à cassitérite, les autres à wolframite. J.P. Bonnici (1960) signale à la pointe SE des greisens un peu minéralisés en wolframite.

Relations mutuelles des granites

- Granite du pourtour et microgranite. On observe un contact assez net. Mais son tracé, sinueux dans le détail, n'offre aucune particularité propre à fixer un ordre chronologique. Les deux roches correspondraient donc à la même venue de magma ; le microgranite a cristallisé plus vite, sans doute aussi un peu plus tôt, d'où sa calco-alcalinité relative.

Ce dispositif annulaire rappelle de manière frappante celui d'Elbema Est : j'ai admis dans ce cas (p. 258) qu'une fissure apparue au toit de l'intrusion a provoqué la cristallisation rapide du magma à son aplomb. Mais, au moins en théorie, un autre modèle est concevable à Tit-n-Enir, où le pendage du contact entre granite et porphyre n'a pas été noté : l'arc de porphyre, augmenté au NE d'une masse sans forme définie (fig. 133) ne serait qu'un reste de bordure figée apicale.

- Granite du centre et autres granites. Sur sa périphérie, la masse centrale passe à des variations marginales (granite fin, pegmatites à béryl ...) et envoie des filons. Elle est donc tardive (cf. encore le dispositif d'Elbema Est). Le plus beau filon, visible au SE, démarre en granite à grain moyen, puis devient aplitique à mesure qu'il se rétrécit.

Ces relations perdent leur netteté dans le quadrant NE du massif. Granite grossier et microgranite porphyrique ont subi diverses transformations (rubéfaction, décoloration des biotites, développement de topaze) dont on peut rendre le granite central responsable. Des roches d'aspect intermédiaire se remarquent également au SW dans la falaise qui limite l'intrusion. Il semblerait donc que la masse du centre ait fait sentir son influence dans une bande de terrain orientée *grosso modo* SW-NE. Or cette direction apparaît bien par ailleurs :

- dykes acides du proche encaissant NE, antérieurs au Tit-n-Enir ;

- fractures internes du massif (fig. 133).

Conclusion. Mieux qu'aucun autre massif de la région, le Tit-n-Enir nous présente avec son granite grossier un stade intermédiaire de l'évolution post-magmatique.

3 - RENAISSANCE

Grâce à ses belles minéralisations, le massif dit de l'"Adrar Renaissance" est le plus étudié de la région. Il mesure 4 x 3 km (1).

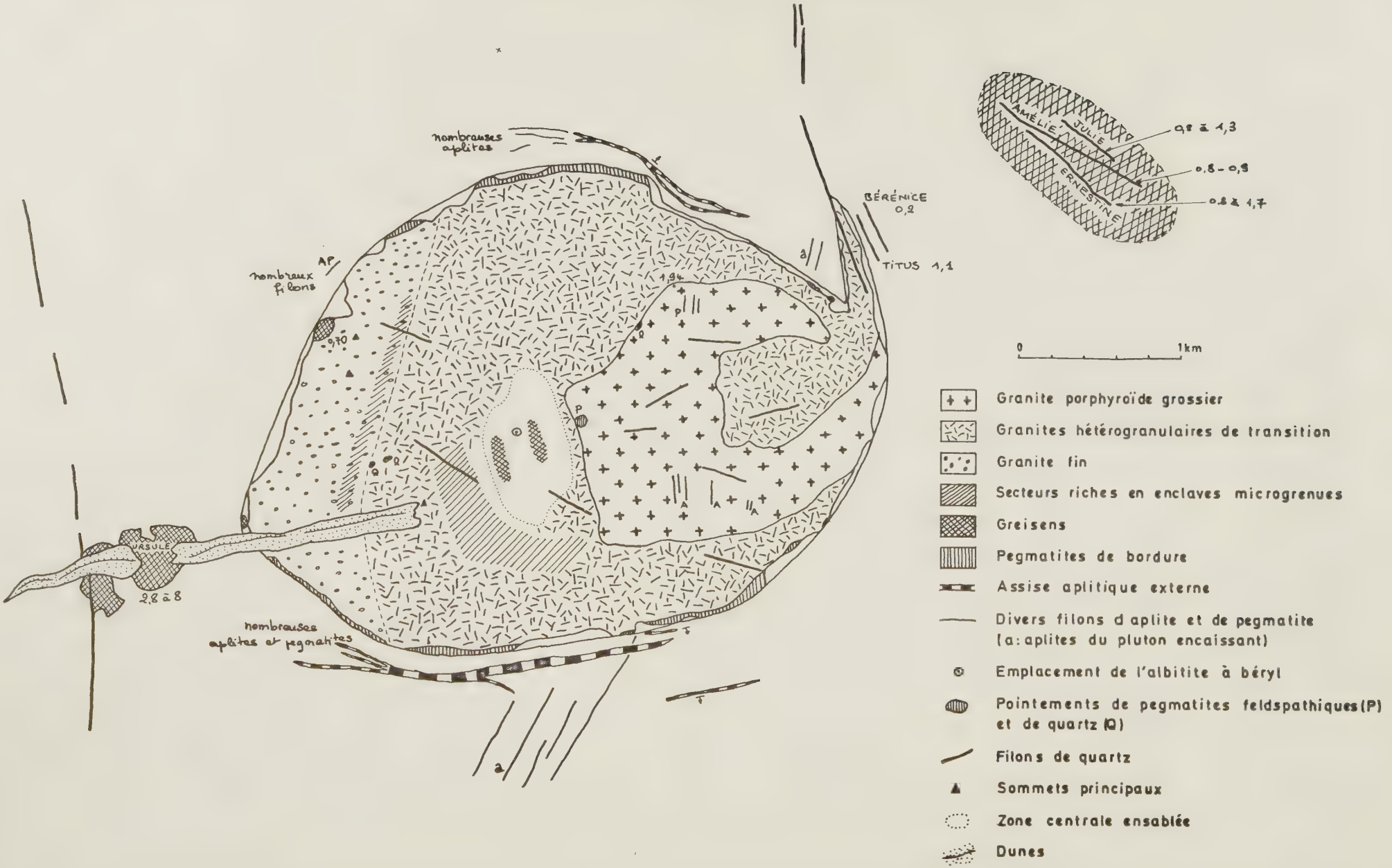
Les granites

Toutes les variétés de granite alcalin décrites à la page 552 y sont représentées : la fig. 134 et sa légende suffisent à les rappeler. Les contacts internes sont assez francs, mais ne révèlent pas de chronologie nette : l'ensemble représente une seule venue.

---

(1) Coordonnées approximatives : x = 5°28', y = 20°47'. Cote 680 m sur la feuille Laouni de l'IGN.

Figure 134 : LE MASSIF DE RENAISSANCE



Les chiffres indiquent la valeur du rapport H/F (v. texte) d'après F. Leutwein, 1961

Insistons cependant sur la dissymétrie du massif. D'après les proportions relatives des deux feldspaths, la roche la plus différenciée est le granite albitique de la bordure ouest.

Très normalement, il y a plus de potasse que de soude dans le granite grossier porphyroïde (analyse 95) tandis que les proportions sont nettement inversées dans le faciès de l'Ouest (analyse 96). La fluorine ne paraissant pas abondante dans l'échantillon du granite grossier, le 1 % de CaO ne peut guère provenir que du plagioclase : de fait, certains petits individus emprisonnés dans les microclines sont encore légèrement zonés, détail qui suggère la décalcification incomplète d'oligoclases magmatiques.

Les schlieren microgrenus (planche 25, photo 3)

Au milieu et dans l'Ouest du massif, on aperçoit des traînées d'un granite alcalin à grain très fin (analyse 97). Limités par des contacts nets, ces rubans peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres de long, alors que leur largeur ne dépasse guère 0,5 à 1 m.

Ils ont des extrémités nettes et convexes, ou au contraire effilochées. Tout en ondulant, ils restent en gros parallèles à la bordure voisine du massif. Ce seraient des témoins d'une cristallisation précoce, étirés dans le sens de l'écoulement du magma. Aussi peut-on les considérer tout à la fois comme des enclaves microgrenues et comme des schlieren d'un type particulier.

Pegmatites et aplites

On ne signalera que les plus remarquables :

A l'intérieur (centre ouest) du massif, des cheminées de béryl pierreux et une albitite assez fine à béryl.

En bordure, des lentilles de pegmatite à biotite lithinifère (analyse m.42) ou zinnwaldite, et parfois à béryl. Elles mesurent de 10 cm à 1 m. Leur abondance croît d'Est en Ouest, en même temps que le degré d'évolution des granites du massif.

A l'extérieur, une assise aplitique qui longe le bord du massif à 50 ou 100 m dans l'encaissant nord et sud. Elle plonge modérément vers l'extérieur : de 30 à 35° pour le banc méridional, de 20 à 25° pour celui du Nord. Il est possible qu'elle donne le pendage des contacts du massif. On y trouve de la topaze et une apatite de teinte

bleu pâle qui est certainement manganésifère (Aubert, 1969). La roche (analyse 98) renferme beaucoup plus d'albite que de microcline.

Cette espèce de "ring-dyke" se termine brutalement à l'Est mais s'effiloche à l'Ouest, tant et si bien que le reg occidental est sillonné de filons aplopegmatitiques (non représentés sur la figure 134) ; certains d'entre eux ont livré des plaquages de topaze orange.

Greisens

Les greisens occupent un volume considérable. Ils sont tantôt quartzeux, tantôt surmicacés. Outre la topaze et la fluorine, j'y ai souvent observé une apatite tabulaire, aplatie suivant l'axe c. Les micas sont difficiles à étudier : le mélange intime de variétés un peu colorées et de plages incolores (éventuellement à l'intérieur d'un même cristal), la valeur changeante du 2V, interdisent la séparation pour analyses. Mais on peut sans grand risque d'erreur supposer une teneur appréciable en lithium.

Intérieur et bordure du massif. Les greisens internes sont l'exception (quelques échines surmicacées, transverses à l'axe du massif). Au contact ouest existe un affleurement remarquable : le greisen est semé de feldspath-K formant des cristaux rectangulaires de 1 x 0,5 cm. Corrodés dans un premier temps par des lames de quartz et de topaze, ces feldspaths sont à la limite pseudomorphosés en masses rectangulaires de quartz (1).

Extérieur du massif. Tous les greisens auxquels la minéralisation est associée se trouvent à l'extérieur du massif. C'est d'ailleurs là un trait caractéristique de la région de Laouni, que l'on peut opposer au cas d'I-n-Tounine.

- A l'E.NE, les grands filons de quartz à wolframite traversent des greisens quartzeux.

- 300 m à l'Ouest du massif, s'élève la colline Ursule (diamètre : 400 m, hauteur : 80 m), mélange confus de granite encaissant plus ou moins greisenisé, de topazite et de quartz à wolframite.

Données très sommaires sur la minéralisation

Secteur est. D'après M. Bouvet, 1961, p. 26 : "le gisement filonien d'Adrar Renaissance est un gisement catathermal à wolfram dont la paragenèse est la suivante :

---

(1) Un cliché de cet affleurement se trouve in : Reboul et al., 1962, p. 53.

Phase pneumatolytique	Phase hydrothermale
Quartz - chlorite Béryl - Helvine Cassitérite Wolframite Molybdénite	
Mispickel Pyrite Scheelite	Quartz Pyrite Chalcopyrite Blende

Secteur ouest ("Ursule"). La wolframite est en général liée au quartz, mais celui-ci forme plus souvent des lentilles que de vrais filons (Georgel, 1962).

Dans les deux secteurs, remarquons l'absence de la tourmaline.

Le rapport H/F de la wolframite. On sait que la valeur du rapport hübnerite/ferbérite peut servir de géothermomètre, au moins dans certains cas (Leutwein, 1965). Faible, elle indique un minerai "froid". Or d'après un rapport inédit de F. Leutwein (1961), le rapport H/F est beaucoup plus élevé dans la wolframite d'Ursule que partout ailleurs (les valeurs ont été reportées sur la figure 134). Le gisement d'Ursule est donc le plus chaud de tous.

Conclusion. La dissymétrie du massif de Renaissance

L'évolution post-magmatique a fait disparaître les granites à biotite. Plusieurs faits montrent que le massif est dissymétrique :

- le granite le plus évolué (c'est-à-dire le plus riche en albite et topaze) se trouve à l'Ouest, le moins évolué à l'Est ;

- les pegmatites du contact se multiplient d'Est en Ouest ;

- l'assise externe d'aplite démarre brusquement à l'Est mais s'effiloche à l'Ouest et passe à un lacis désordonné ;

- les greisens manquent au contact est, alors qu'ils abondent sur le bord ouest ;

- les filons de l'Est sont beaucoup plus importants que ceux d'Ursule, et renferment une minéralisation plus froide.

Toutes ces indications concordent. Le massif serait monté d'Est en Ouest, obliquement par rapport à la surface topographique actuelle. Ursule se trouverait au front (coiffant une coupole annexe ?), les grands filons à l'arrière dans une zone d'extension. Le rapport Leutwein (1961) insistait déjà sur ce point.

L'assise externe d'aplite peut suggérer une mise en place par abattage de grands volumes d'encaissant ; elle sert en effet de révélateur à une fissuration arquée.

4 - TAMAZAROR ET SON ENTABLEMENT SOMMITAL A KAOLINITE

La colline de Tamazaror (alt. 775 m IGN) est l'une des plus visibles de toute la région ; c'est aussi la plus caractéristique [1]. Elle ressemble à un tronc de cône, large d'environ 1 km à la base, 300

---

(1) Les coordonnées approximatives sont : x = 5°20', y = 20°34'. Peut-être faut-il identifier le Tamazaror à la "gara Aguellela" de N. Villatte (1911). La ressemblance du profil topographique avec celui de l'Hagalella, appareil trachytique situé 20 km au Sud de Tamanrasset, rend l'hypothèse plausible. La correspondance n'est qu'approchée, à quelques kilomètres près, avec l'Adjelella des vieux croquis au 1/1 000 000 et du 1/200 000 IGN de Laouni. Quoiqu'il en soit, nous ne pouvons plus guère revenir sur le choix de Tamazaror, fait par les missions du B.R.G.M..

à 500 m au sommet, et haut de 200 m. L'entablement sommital correspond certainement à la pénéplaine anté-tassilienne : seule preuve directe de l'antériorité des granites de Laouni par rapport à la transgression du Cambrien supérieur. Le Tassili ne se trouve qu'à 25 km.

Le granite

C'est une roche blanche, assez fine, à quartz arrondis qui tendent à s'accoler. Les micas forment des disques larges mais très minces, de couleur bleu ciel, vert clair, bleu-vert. En lame mince, on note (planche 26, photo 6) :

- quartz isolés, passant sur leurs bords à des lames acérées ;
- fond de feldspath-K non quadrillé, xénomorphe ;
- abondance d'albite pure, formant des baguettes allongées dans tous les sens qui tendent à s'encastrer dans le quartz ;
- mica incolore à propriétés de muscovite.

L'analyse m.41 d'un mica vert (nuance vert olive) a confirmé qu'il s'agit de muscovite ferrifère.

La formation aplo-pegmatitique de bordure

Développée surtout à l'Ouest et au Nord, elle est subverticale ou inclinée à l'extérieur. Elle comprend deux assises :

- un banc interne, formé d'une aplite à gros phénocristaux de feldspaths potassiques. Ces derniers s'ouvrent parfois en éventail vers l'intérieur du massif (cf. Elbema, Aheleheg', etc.) ;
- un banc externe, caractérisé par sa richesse en lentilles de pegmatite, dans lesquelles on a récolté des topazes bleues et quelques béryls.

Le même dédoublement de la pegmatite s'observe autour de l'ellipse claire de l'Aheleheg'. J.P. Bonnici (1961) signale un autre arc de pegmatite au SE et note un peu de wolframite dans le filon méridien de quartz qui épaule Tamazaror à l'Ouest.

Enfin, de remarquables filons de quartz s'élèvent dans la montagne en serpentant.

Les roches kaoliniques du sommet

L'entablement sommital est constitué par une pâte microcristalline compacte, dans laquelle on distingue des quartz d'environ 2 mm. On note une séduisante variété de couleurs : blanc, rose saumon, rouge, gris violacé ... Le quartz est en abondance variable ; il manque parfois ; exceptionnellement, il envahit presque toute la roche. Le mica, rare, a les mêmes teintes que les muscovites du granite alcalin de Tamazaror. Localement, la roche est piquetée par des cavités millimétriques à oxydes de fer : ceci se remarque surtout le long de vagues échines orientées à N 35° E, c'est-à-dire dans une direction proche de celle de l'alignement de Laouni.

Lames minces (planche 26, photo 7). Quand le quartz est relativement rare, il correspond à celui du granite albitique sous-jacent. Plus abondant, il dessine des plages très anguleuses et ramifiées, qui englobent des portions rectangulaires de la pâte. A la limite, le quartz en arrive à envahir toute la roche, ne laissant plus subsister la pâte que dans de petits trous. Notons parfois aussi de la topaze, assez massive, mais localement échancrée comme le quartz par des rectangles de pâte.

La mésostase, incolore, paraît essentiellement phylliteuse. On y voit s'ébaucher des éventails et des rosettes. Une étude aux rayons X, faite au B.R.G.M. par C. Jacob, a permis de diagnostiquer une kaolinite très bien cristallisée (voire de la dickite, mais ceci n'est pas sûr).

La clé permettant d'expliquer ces roches est fournie par quelques échantillons du granite alcalin de Tamazaror. Certaines albites s'y montrent partiellement gangrenées par une pâte identique à celle du sommet. Leur destruction progresse le long de cheminements sinueux. La roche du sommet représente l'étape finale de cette kaolinisation, doublée d'une silicification plus ou moins envahissante. Les plages rectangulaires de kaolinite correspondent aux anciennes albites.

Le développement du quartz a précédé la kaolinisation ; si les deux phénomènes avaient marché de pair, ou si le quartz était postérieur, on ne comprendrait pas que les contours des albites aient

été respectés. Le quartz, et plus accessoirement la topaze, se rattachent à l'évolution des pegmatites. Une corrosion des feldspaths-K par des bras de quartz apparaît dans certains échantillons de pegmatite provenant du pied de la colline.

La destruction des plagioclases a pu déborder dans l'encaissant : ainsi, en contrebas SW du sommet, une diorite quartzique se fait progressivement remplacer par des agrégats sériciteux. Il n'y a pas à cet endroit de silice secondaire, les quartz de la roche finale étant ceux de la diorite quartzique.

La kaolinite de Tamazaror : origine hydrothermale ou supergène ?

Selon toute vraisemblance, l'érosion anté-tassilienne a découvert le Tamazaror. Or il est bien connu que la pénéplaine de cet âge a subi une forte altération avant le dépôt des grès. S. Beuf et al. (1971) mentionnent la formation de kaolinite (on trouvera chez ces auteurs toute une bibliographie sur le sujet). On pourrait donc être tenté ici par l'hypothèse d'une kaolinisation supergène.

Mais d'autres massifs circonscrits ont été dénudés avant le dépôt des grès, sans subir pour autant la kaolinisation observée au Tamazaror. C'est au moins le cas des granites de Terzekkouline (Ahnet), de Ti-n-Benguen (Ajjer) et de Tiledenine (Arefsa), sur lesquels on voit reposer les grès. Pour autant qu'on les connaisse bien, ils sont formés de granites monzonitiques ou calco-alcalins potassiques. Leur composition est donc très différente de celle du Tamazaror, et c'est cet aspect du problème qu'il faut considérer.

D'une manière générale, la kaolinisation supergène peut affecter toute roche, quelle que soit sa composition.
On tend à considérer d'autre part que les kaolins hydrothermaux sont liés à des granites alcalins ou subalcalins.

De tout ceci, il semble résulter pour le kaolin de Tamazaror une présomption d'origine hydrothermale. Un argument plus précis est fourni par la phyllitisation de la diorite encaissant, en contrebas

du sommet : une action supergène ne se concevrait ici que si le Tamazaror était un paléorelief, hypothèse que rien ne nous autorise à formuler.

En conclusion, bien que le problème du Tamazaror soit à peine étudié, la balance semble en faveur d'une kaolinisation hydrothermale.

5 - LES AUTRES POINTEMENTS : ALOUS-OUAN-RECHLA, SEDIS, JOSEPHINE

Grâce à son granite albitique et à ses magnifiques pegmatites, l'Alous-ouan-Rechla se présente avec le Tamazaror comme le terme de l'évolution amorcée au Tessalit. C'est pourquoi je l'ai placé en tête de ce titre 5.

5.1 - ALOUS-OUAN-RECHLA (1)

Nommée d'après un oued des environs, cette intrusion pointe à l'intersection de plusieurs filons (quartz, microdiorites) qui recoupent le grand pluton granitique de la région (fig. 135). Sur le terrain, elle a surtout été étudiée par J.P. Bonnici (1963). Sa célébrité relative provient de ses pegmatites, les plus belles de l'Ahaggar ; celles-ci sont décrites en détail dans le rapport précité, et ont aussi fait l'objet d'études fines au laboratoire (Bonnici et al., 1964).

Les pegmatites ceinturent un petit stock (500 x 300 m) de granite albitique. La formation a de 2 à 20 m de puissance, et plonge de 65° vers l'extérieur. Ses constituants majeurs sont : quartz, feldspath potassique, zinnwaldite (analyses m.43-44-45), béryl et topaze.

Vers l'extérieur, le banc de pegmatite passe à un granite très porphyrique que Bonnici (1963) considère comme intrusif dans le pluton régional ; il est à microcline, oligoclase et deux micas. Les phénocristaux y peuvent atteindre 10 cm de long et ont une forme caractéristique en coin. Les nombreuses diaclases de ce granite sont souvent greisenisées.

---

(1) Coordonnées : x = 5°07', y = 20°29'. Cote 673 m sur la feuille Laouni de l'IGN.

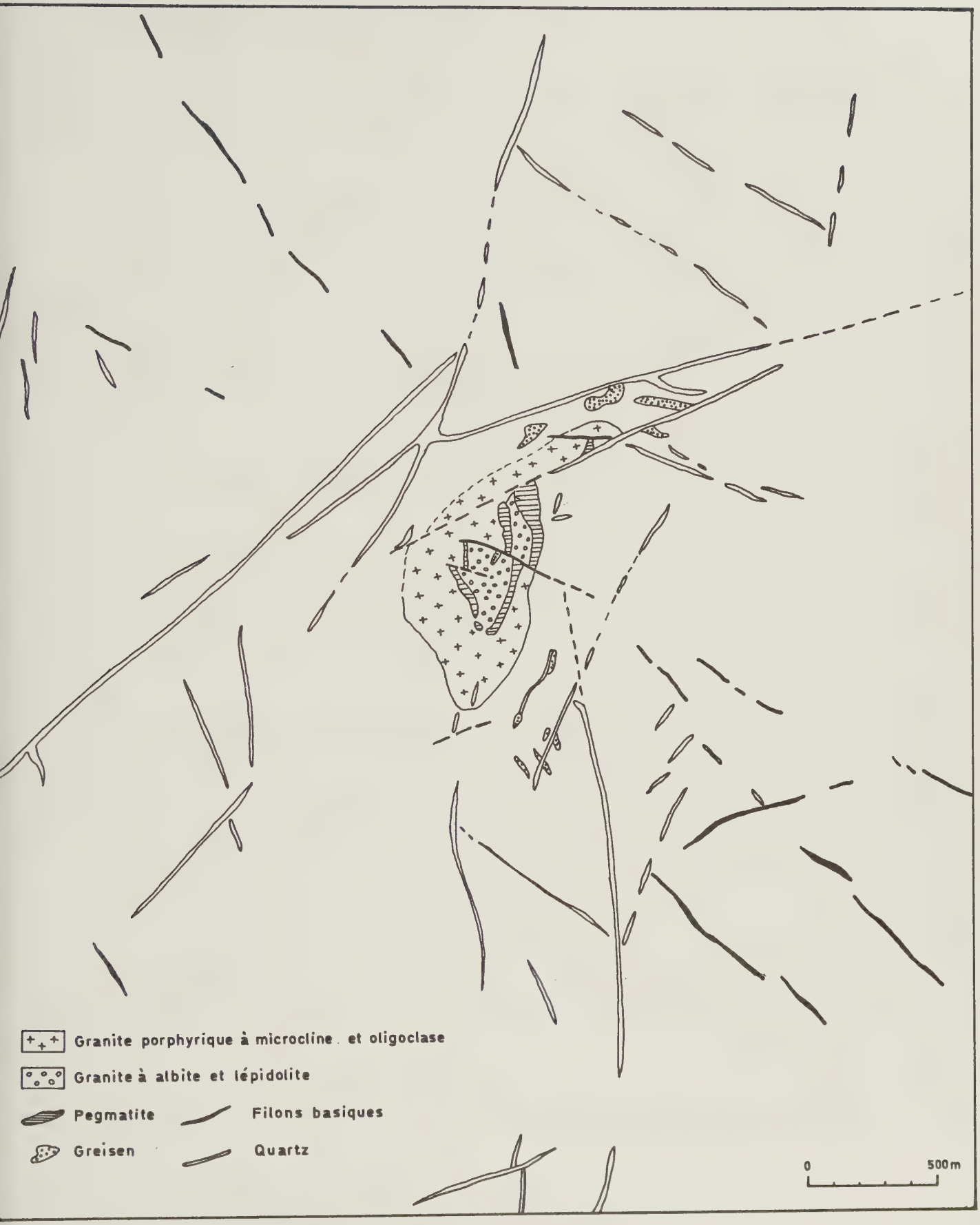


Figure 135

LE POINTEMENT D'ALOUS-OUAN-RECHLA ET LE RÉSEAU FILONIEN DE L'ENCAISSANT

(D'après J. P. Bonnici, 1963-1964)

Le granite albitique ne serait donc que le coeur d'une intrusion composite. J'en ai examiné quelques échantillons.

Le granite albitique

Très blanc, il est formé de :

- albite dominante (plus de 60 % de la roche, d'après Bonnici et al., 1964), en petites lattes maclées ;

- quartz (25 % maximum, souvent moins), en cristaux isolés de 1 à 5 mm. Dans le détail, il présente deux habitus distincts, selon ses dimensions par rapport aux baguettes de feldspath :

  1 - phénocristaux arrondis, à bordures bourrées de très petites albites. La mésostase est presque microgrenue.

  2 - Plages moins étendues, tendant à mouler et à inclure les albites environnantes, ici plus grosses.

On observe toutes les transitions entre ces deux aspects. D'une manière générale, les inclusions de petites albites ont tendance à se disposer en cercles (cf. la photo 4 de la planche 26). Souvent même, elles évitent le centre des plages de quartz, exactement comme il advient avec les aiguilles d'apatite dans la biotite d'un granite calco-alcalin (cf. figure 92).

- topaze en grandes plages assez irrégulières, ainsi qu'en fins granules. Dans certaines lames, elle atteint 10 % de la roche ;

- micas lithinifères mauves, plus rarement verts, en disques larges mais très minces ;

- rare microcline interstitiel ;

- accessoires occasionnels : fluorine, cassitérite.

Cette composition minéralogique est très comparable à celle de "l'albitite quartzique à lépidolite" de Beauvoir, décrite par G. Aubert et al. (1965) et présentée par ces auteurs comme unique en France. La composition chimique est donnée par les 2 analyses "W" et 105 de l'annexe III.

Dans la partie orientale du massif existe un filon de quartz, minéralisé en hübnérite presque pure (Leutwein, 1961 ; Bonnici, 1963).

Origine du granite albitique : albitite métasomatique à porphyroblastes de quartz, ou roche magmatique ?

G. Aubert (1969), pour qui l'analogie entre Alous-ouan-Rechla et les massifs qu'il étudiait (Montebras, Echassières-Beauvoir) ne fait pas de doute, a récapitulé les éléments du problème. Avons-nous affaire :

1) à un "apogranite" (Beus et al., 1962), c'est-à-dire à une roche métasomatique formée par l'évolution post-magmatique d'un granite primaire à biotite et oligoclase ? Ce fut la première interprétation retenue pour l'albitite de Beauvoir, les cristaux de quartz étant considérés comme des porphyroblastes (Aubert et al., 1965).

2) ou bien à une roche magmatique ? Ce point de vue plus moderne a été adopté en France pour les granites à albite de Montebras (Aubert et al., 1966) et, finalement, de Beauvoir (Aubert, 1969), ainsi que pour les albitites du Massif Armoricain (Chauris, 1971).

Dans le cas de Ouan-Rechla, il ne fait aucun doute que la roche microgrenue à phénocristaux ronds de quartz s'interprète au mieux par l'hypothèse magmatiste. Il en va de même pour les inclusions concentriques d'albite dans le quartz.

5.2 - SEDIS (1)

Ce massif est le plus minéralisé de la région après l'Adrar Renaissance (fig. 136). Le granite est presque partout grossier et équigranulaire, sauf au Centre-Nord où affleure une roche hétérogranulaire. Ces deux variétés, de chimisme très comparable (analyses 103 et 104), appartiennent au type alcalin courant.

Les indentations du contact partagent le massif en deux secteurs. Celui du Nord est cerné par un lit de pegmatite épais de 1 à 6 m. Cette pegmatite renferme des feldspaths-K palmés, longs de 10 cm, à pointes tournées vers l'extérieur (cf. planche 19, photo 2).

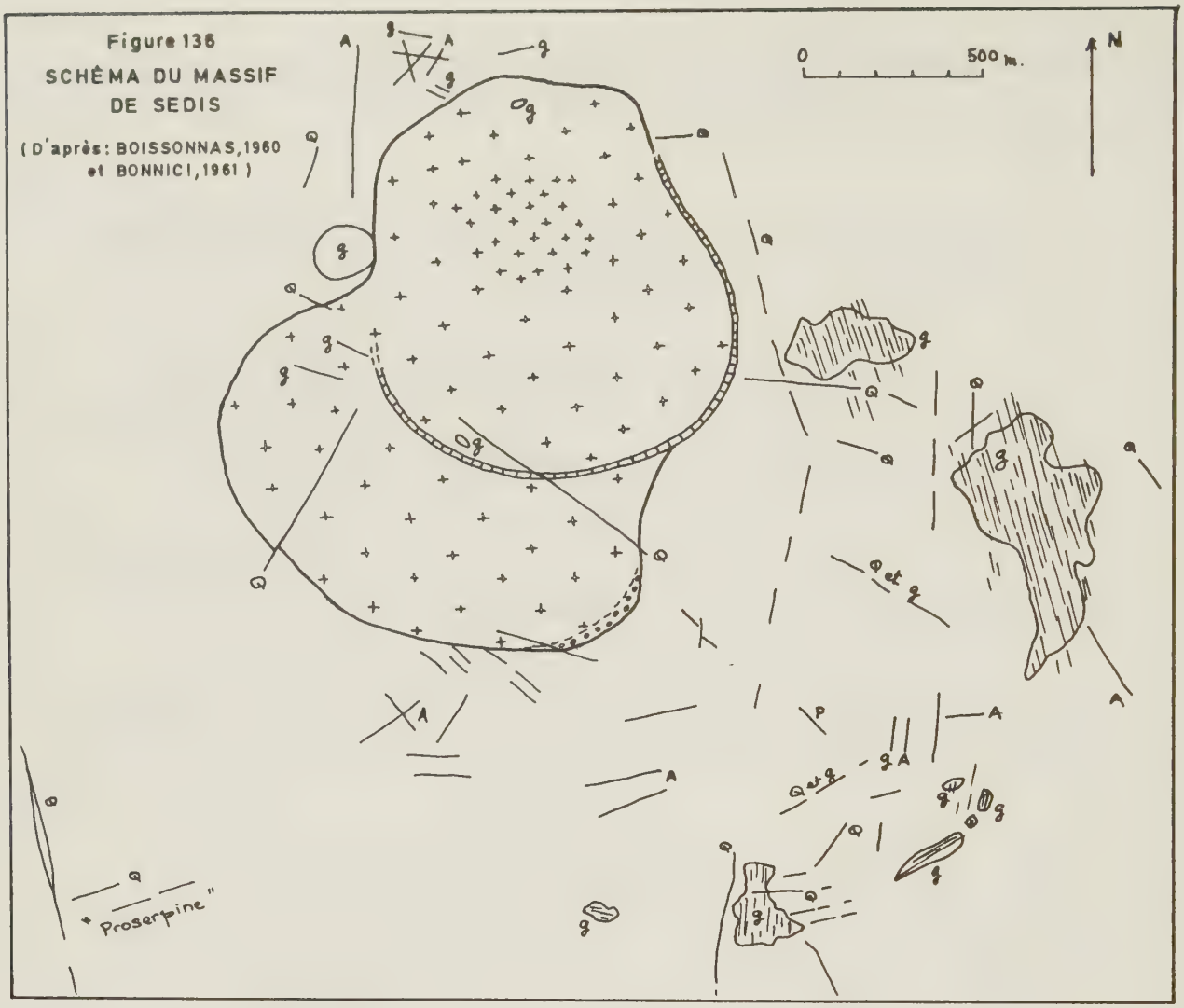
Les greisens sont les plus volumineux que l'on connaisse en Ahaggar. Quelques plaquages entourent l'intrusion granitique. Mais l'essentiel se trouve à quelque distance au SE. On observe là des collines - la plus haute s'élève à 70 m - qui dessinent un arc d'environ 3 km de long.

A l'affleurement, cette masse considérable n'est guère reliée au granite intrusif. Mais il est très probable que la coupole s'ennoie doucement au SE, si même elle ne remonte pas légèrement sous l'arc des

---

(1) Coordonnées approximatives : x = 5°09', y = 20°19'. Cote 648 m sur la feuille Laouni de l'IGN. En tamahaq, "Sedis" = le chiffre 6 : six prospecteurs du B.R.G.M. ont découvert l'intrusion et ses indices.

Figure 136
SCHÊMA DU MASSIF DE SEDIS
(D'après: BOISSONNAS, 1960 et BONNICI, 1961)



Granite équigranulaire grossier
Variation hololeucocrate du bord sud
Granite à mésostase fine
Lit arqué de pegmatite
Masses et reliefs de greisens
g—— Filons de greisens
A—— Filons d'aplite
P—— Filons de pegmatite
Q—— Filons de quartz

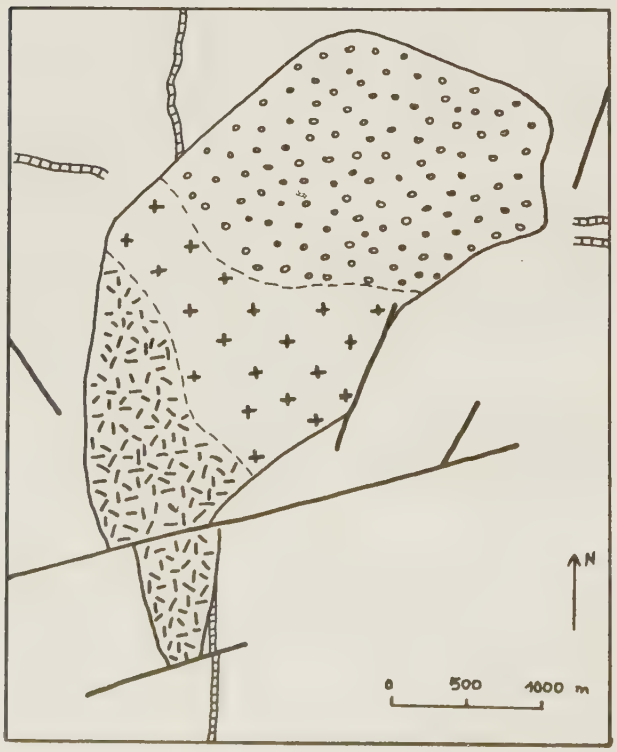


Figure 137-LE MASSIF DE "JOSÊPHINE"

Granite porphyroïde grossier
Variation hétérogranulaire
Granite fin
Failles ± silicifiées
Filons acides, antérieurs au massif intrusif

greisens. Ainsi apparaît comme en filigrane un deuxième contour du massif : les dimensions passent de 1,6 x 1,2 km à 2,5 x 1,7 km, et la direction d'allongement, de NE-SW qu'elle était, devient perpendiculaire au contrôle régional des granites de Laouni, c'est-à-dire parallèle à celui des Baouinet.

Dans le détail, les greisens forment des travées, sinon filoniennes, tout au moins fort allongées. Greisens quartzeux et greisens surmicacés s'y mélangent. Une partie de la minéralisation semble imprégner les masses surmicacées, mais les plus forts tonnages s'observent dans des lentilles et des filonnets de quartz. Les directions de ces filons sont ± conjuguées par rapport à l'axe N 140° E du massif "agrandi" dont il vient d'être question.

A quelque distance au SW affleure Proserpine, filon de quartz à wolframite dont le rapport H/F, égal à 1,8 (Leutwein, 1961), est du même ordre que dans les filons orientaux de Renaissance.

5.3 - JOSEPHINE (1)

Ce massif n'a pas la forme simple des autres (fig. 137). Son contour est nettement polygonal. Les divers tronçons de contact sont plus ou moins parallèles à des fractures de l'encaissant ; on peut penser que celles-ci ont contrôlé la mise en place, comme par exemple à l'Hexagone.

Données par le croquis, les variétés de granite correspondent à celles de Renaissance (fig. 134). Un contact assez net sépare les types fin et grossier ; il plonge au SW et se trouve jalonné, dans le granite fin, par des bouffées d'aplite et de pegmatite : le granite fin serait donc un peu plus jeune.

Signalons en outre quelques pegmatites à béryl et des filonnets de greisens, ces derniers étant parfois minéralisés en wolframite.

---

(1) Coordonnées approximatives : x = 5°46', y = 21°19'. Cote 870 m sur la feuille Tin-Begane de l'IGN.

SECTION B

LE GROUPE DES BAOUINET

L'existence des massifs situés sur la feuille Timg'aouine est connue depuis la mission Thébault 1956-1957. Il s'agit :

- du Baouinet Nord (Adrar Baouinet s.str., sans nom sur la carte [1], alt. 974 m IGN),
- du Baouinet Sud ("Adrar Bahououinet" de la carte, alt. 982 m),
- de la moitié nord de "l'Adrar Marie-Louise" (alt. 771 m sur Timg'aouine) [2].

J'ai exploré au début de 1959 les intrusions de la coupure Tin-Rerhoh :

- la moitié sud de "l'Adrar Marie-Louise" [2] (alt. 769 m),
- "l'Hexagone", massif d'étendue restreinte (alt. 681 m).

Enfin, pendant la campagne 1959-60, on a découvert de la wolframite dans le Baouinet Nord (Arène et al., 1960) et étudié le pointement tout à fait mineur de Tillik, qui se trouve sur la feuille Tin-Begane (Walter, 1960).

---

(1) Vu la pauvreté de la toponymie officielle, voici les coordonnées approximatives des massifs du groupe.
Baouinet Nord : x = 4°52', y = 21°26'.
Baouinet Sud : x = 4°57', y = 21°19'.
Marie-Louise : x = 4°51', y = 21°.
Hexagone : x = 4°56', y = 20°54'.
Tillik : x = 5°01', y = 21°07'.

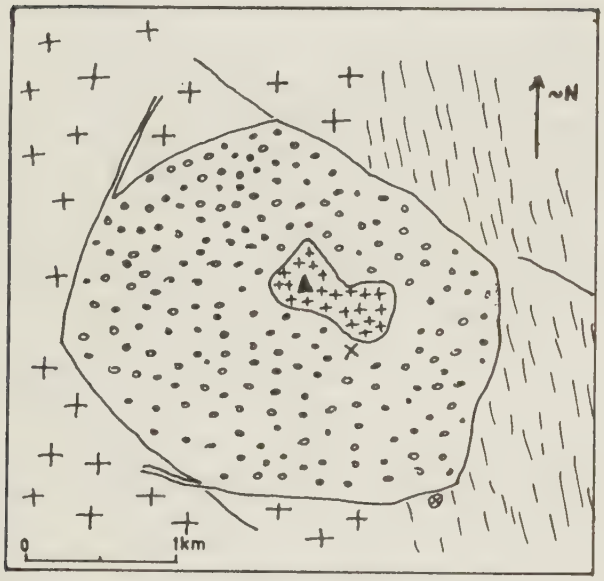
(2) Il semblerait que les nomades l'appellent aussi : Baouinet.

Surgissant du reg, les collines des Baouinet font figure de reliefs notables. Pourtant, si la dénivellation maximale atteint 300 m au Baouinet Nord, elle ne dépasse guère 100 à 200 m ailleurs. Le décor de ces massifs évoque la haute montagne enneigée : un épais manteau de sable ennoie les chaos de boules, colmate les combes et les vallons.

On ne saurait dire que la description courante des Baouinet apporte d'éléments vraiment nouveaux à notre connaissance des granites de l'Ahaggar. Or c'est à une telle description de routine que conduit en principe l'ancienneté des données dont je dispose. Seul l'Hexagone émerge du lot, grâce à un affleurement curieux. Il sera décrit en premier, le reste suivra pour mémoire.

1 - L'HEXAGONE

Figure 138-SCHÉMA DE L'HEXAGONE



Mesurant 3 x 2,5 km, le petit massif de la "Gara en Hexagone" perce la zone de contact entre un pluton granitique à bords diffus et un complexe de migmatites (figure 138). Le contour de l'intrusion est curieusement hexagonal ; ce détail montre que la mise en place a été contrôlée par des lignes de faiblesse du bâti [1].

Sur la photo aérienne (NF 31 V, n° 5), des filons semblent prolonger les côtés du polygone ; au NE, il s'agit certainement d'un dyke antérieur au massif ; le filon E-W du Sud serait plutôt une aplite issue de l'intrusion.

Les granites

1 - Les boules du sommet sont constituées par un granite alcalin, porphyroïde mais peu grossier.

On y remarque :

- du microcline souvent quadrillé, pouvant être zoné ;
- beaucoup d'albite. Les plus gros cristaux renferment séricite et fluorine : ce sont sans doute les anciennes oligoclases d'un granite calco-alcalin à plagioclases automorphes, modifiées par l'évolution deutérique (cf. maints exemples dans les chapitres précédents). Les plus petits sont limpides.

---

(1) L'Hexagone est visible dans le coin NE du cliché n° 1 de la planche supplémentaire IV (à tirage limité).

- deux micas : une biotite d'un brun verdâtre assez pâle et un mica plus pâle encore, légèrement biaxe, postérieur au précédent. Le passage de l'un à l'autre est souvent graduel ; il correspond encore à une transformation deutérique.

2 - Mais le granite le plus répandu a un grain constant et plus fin (2 mm). On peut l'appeler une alaskite. Il renferme en effet :

- quartz ayant tendance à donner des globules isolés
- microcline quadrillé, non perthitique
- albite abondante, en lattes enchevêtrées
- micas biaxes, à 2V variable, plus ou moins colorés (comme ci-dessus)
- fluorine et un peu de topaze.

C'est ce type de roche qui se laisse le mieux sculpter par le vent de sable (photos 6 et 7 de la planche 25).

Signalons une variation très locale mais caractéristique (planche 26, photos 3 et 4) : il s'agit d'une roche parfaitement blanche, à petits phénocristaux automorphes de quartz et de microcline, noyés dans une pâte fluidale d'albite. Les lattes du plagioclase tournent autour des phénocristaux et forment des inclusions concentriques dans les quartz : cette texture est d'origine très probablement magmatique (cf. la discussion sur l'albitite de Ouan-Rechla).

Les deux principaux granites de l'Hexagone apparaissent en fait très voisins et leurs rapports sont confus, marqués par des termes de transition. La décoloration des biotites, la formation d'un mica plus pâle et plus ou moins biaxe, correspond peut-être à une teneur croissante en lithium ; les micas évolués de l'I-n-Tounine (analyse m. 39) et ceux de certains massifs de Laouni (analyse m. 43 à 45) sont en effet des zinnwaldites.

Enfin, au contact SE, affleure un beau greisen surmicacé, gris-vert, à fluorine incolore, mauve et verdâtre.

La brèche du sommet : un cas "d'autobréchification" par départ brutal de la phase fluide (planche 25, photos 4 et 5 ; planche 26, photos 1 et 2)

Un lambeau d'encaissant est resté accroché en contrebas sud-est du sommet. Près de là, on observe un pullulement de gros quartz

laiteux dans une roche qui se présente à première vue comme une variation assez fine du granite. Ces quartz atteignent 10 cm. Les uns sont arrondis, d'autres constituent des copeaux anguleux, aucun n'a les formes propres du minéral. Ils baignent dans un agglomérat de cristaux assez petits (feldspaths plus ou moins rectangulaires ; quartz hexagonaux ou arrondis, à contour crénelé dans le détail), cimentés par une mésostase plus fine de grains engrenés et mal formés. Les quartz abondent dans certaines plages, presque comme les éléments d'un grès. Ailleurs ce sont les feldspaths qui se multiplient ; quelques rares grains sont brisés et ressoudés par de la pâte. Celle-ci, cristallisée tardivement, a une composition de granite alcalin ; elle contient de la fluorine et de la topaze, sans abondance particulière. Il existe deci-delà des débris d'encaissant, ainsi que des fragments de biotitite (sans doute des greisens surmicacés). Tous ces caractères concourent à donner l'impression d'une roche remaniée, d'une sorte de tuffisite.

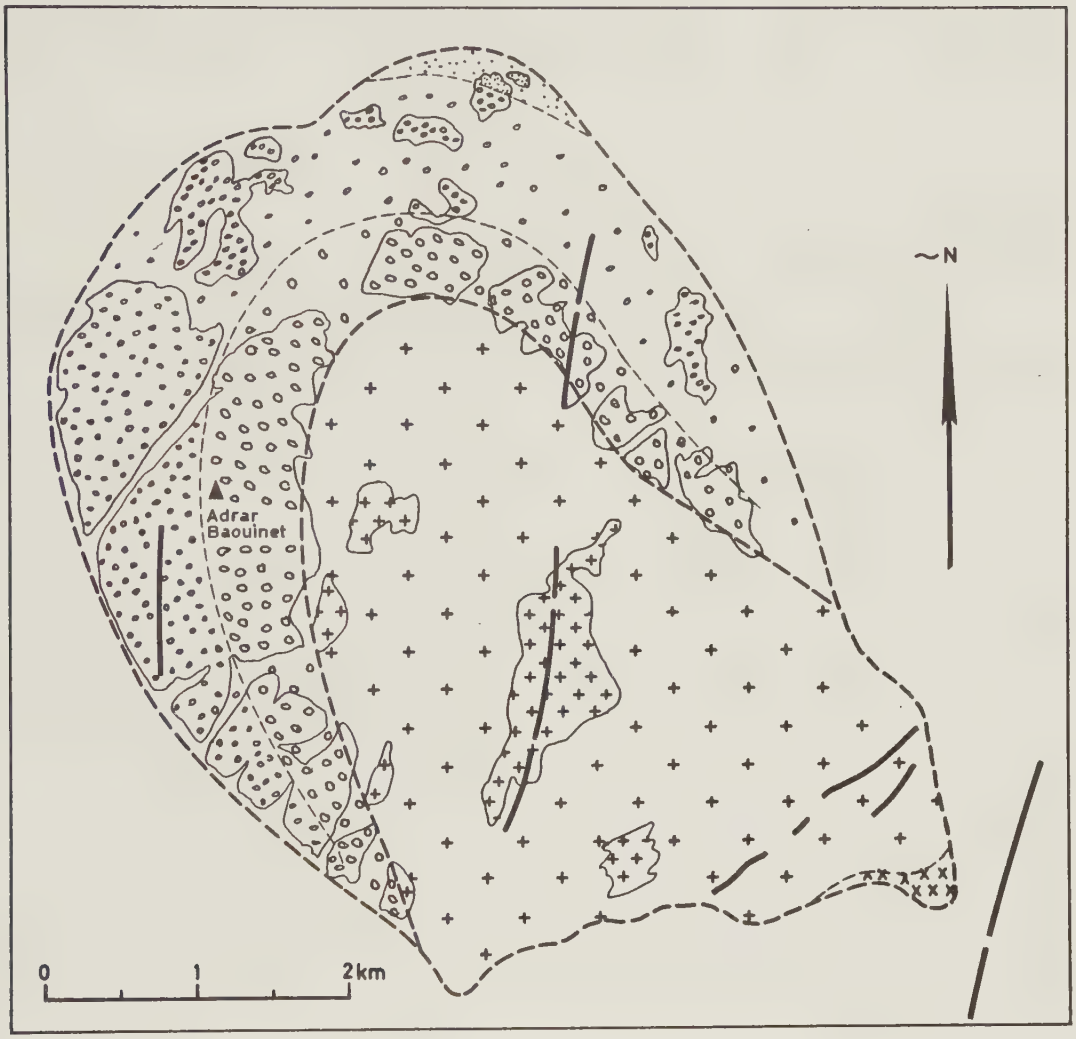
Essayons d'expliquer ces particularités. La texture intime de la roche, d'abord. Nous nous trouvons au toit de la coupole. En fin de cristallisation, PH_2O a pu dépasser Ps à la suite d'une fissuration de l'encaissant. Un départ explosif de la phase aqueuse résiduelle a réduit en poudre la masse cristallisée.

Les gros quartz peuvent provenir, soit d'un filon traversant l'encaissant, soit d'une pegmatite. La première solution n'est pas confirmée par le terrain, alors que la seconde a fait l'objet de développements très argumentés. C'est ainsi que les énormes quartz laiteux et automorphes décrits par H. Hughes (1971) dans un ring-dyke de granophyre, auraient cristallisé à partir d'un fluide hydrothermal qui s'était concentré en certains points par suite de son immiscibilité avec le bain silicaté (Jahns et Burnham, 1960). Des brèches, des veines de tuffisite, traduisent l'activité explosive due à l'établissement graduel d'une surpression de fluides. A l'Hexagone, les grands quartz aussi ont été fragmentés, sans doute un peu transportés.

Cet affleurement n'est donc pas sans rappeler le petit diatrème de l'Aheleheg'.

2 - LE BAOUINET NORD

Figure 139 – ESQUISSE GÉOLOGIQUE DU BAOUINET NORD



Granite calco-alcalin grossier, et variation fine de la bordure Sud

Granite alcalin du "croissant interne"

Granite alcalin du "croissant externe", et variation fine du Nord

Principaux reliefs

Filons de quartz

Le Baouinet Nord mesure 6 x 4,5 km [1]. Visible de loin, son sommet principal est un des meilleurs points de repère de l'Ahaggar méridional. Il domine un vaste reg granitique que hachent des filons nord-sud de microgranite, extraordinairement nombreux. L'intrusion recoupe ce champ filonien, mais elle est traversée par quelques grands dykes NE-SW de quartz.

Tel qu'on le voit d'avion ou sur la photo aérienne NF 31 XI n° 246, le Baouinet Nord comprend deux secteurs bien contrastés (planche 25, photo 1, et fig. 139). Au centre et au SE s'étendent des moutonnements confus, dominés par une colline assez haute. Au NW, un croissant de reliefs - parmi lesquels l'Adrar Baouinet s.str. - encapuchonne la zone précédente.

Le granite calco-alcalin du centre et du SE

C'est un granite porphyroïde à gros grain, dont l'aspect serait banal sans sa couleur d'un rouge accusé (analyse 88). Il renferme :

- quartz abondant en chapelets imparfaits et en amas ramifiés ;
- feldspath potassique maclé Carlsbad, plus ou moins moiré microcline, un peu perthitique et albitisé ;
- oligoclase automorphe, zonée de façon parfois oscillatoire, ou par taches. Coeurs à 20 % An. Plages de décalcification à séricite et parfois aussi à fluorine, dans lesquelles le plagioclase semble ramené à environ 10 % d'An ;
- biotite brun-vert, tantôt intacte, tantôt chloritisée ;
- fluorine, zircon, apatite ...

A l'extrémité SE s'observe une variation de bordure, plus fine, où le quartz prend des aspects de micropegmatite fruste ; on a trouvé là une pegmatite à béryl.

Les granites alcalins du croissant NW

Dans le croissant, la roche est rose clair ou jaune pâle, équigranulaire, à grain moyen (2 mm) et d'un type alcalin très classique (analyse 89). Elle ressemble tout à fait au granite isogranulaire de l'Hexagone.

---

(1) Sur les cartes du B.R.G.M. (au 1/200 000, in : Reboul et Bouvet, 1959 ; au 1/500 000), il se trouve malencontreusement amputé de son extrémité nord ouest.

Ce croissant alcalin comprend deux sous-zones emboîtées qui passent progressivement de l'une à l'autre. Le dispositif n'est pas sans rappeler la double couronne d'Iseddiène, au moins dans la topographie. Les différences sont subtiles, mais il semble bien que le "croissant interne", plus en relief que l'autre, soit formé d'une roche un peu plus grossière, à quartz mieux isolés et à biotite plus rare.

A la pointe nord du massif affleurent des variations plus fines, blanches et très albitiques. L'indice de wolframite se trouve au NE, près du contact avec l'encaissant.

Contact du croissant et du secteur central

Le contact des deux granites est net ; il dessine des ondulations décimétriques (planche 25, photo 2). A l'endroit observé, qui semble correspondre à une profondeur d'érosion déjà notable, il est subvertical ; mais l'on n'ose dire que cette observation ait une valeur générale. Un film surmicacé de quelques centimètres d'épaisseur l'épouse très exactement. Des petits amas de biotite existent par ailleurs dans le granite alcalin. Le granite grossier devient surfeldspathisé au fond des lobes qu'il dessine contre le croissant. Enfin, d'autres lentilles de pegmatite, mieux circonscrites, s'observent des deux côtés de la limite.

Cette description nous suggère la coexistence de deux milieux visqueux, et une cristallisation synchrone pour l'essentiel. Les arguments qui peuvent faire penser à un décalage dans le temps (modifications texturales, schlieren ...) sont contradictoires.

Contact avec l'encaissant : il n'affleure qu'en un point, au NW, et cela sur 30 cm ! Le long de ce tronçon NW, le pendage est peut-être assez faible (présence d'un granite de bordure qui serait en position apicale). Au SE, le contact semble très peu incliné (dessin sinueux, variation apicale à micropegmatite). Sur les côtés NE et SW, il est sans doute raide (existence de reliefs importants).

CONCLUSION

Seul parmi les massifs du compartiment central, le Baouinet Nord est agencé d'une manière qui rappelle les Taourirts à bordures alaskitiques du fossé pharusien. Mais l'incertitude sur les pendages des divers contacts nous empêche d'en proposer une coupe et d'en argumenter la genèse. Ainsi, le croissant correspond soit à un capuchon apical, soit à un arc puissant que limiteraient des contacts raides. Dans les deux cas, on peut admettre que le magma du granite alcalin (fluides résiduels ?) s'est mis en place à la suite d'un effondrement ; mais l'amplitude de ce dernier varie du tout au tout selon l'hypothèse retenue pour la forme du massif.

3 - LE BAOUINET SUD

Ce massif de 10 x 5,5 km est le moins intéressant du groupe. Ses reliefs confus, sont presque entièrement constitués par un granite calco-alcalin rouge à gros grain, le même que celui du Baouinet Nord. Le seul élément de variété est donné par un leucogranite alcalin à albite et microcline, de teinte rose, qui affleure sur 1/2 km^2 dans le centre-est de l'intrusion, au pied nord du sommet principal ; cette roche se signale par ses quartz très ronds et par une tendance légèrement porphyroïde. Difficile à saisir, le contact avec le granite grossier ne s'interprète guère. Notons l'abondance des filons d'aplite dans ce secteur.

L'absence de croissant ou de couronne alaskitique peut être imputée à une érosion trop poussée, du moins si l'on retient l'hypothèse d'un capuchon apical au Baouinet Nord.

4 - LE "MARIE-LOUISE"

"L'Adrar Marie-Louise" dessine sur la carte une langue de 12 km, quelque peu étalée en largeur contre l'accident des 4°50' (fig. 140 , et planche suppl. IV, photo 1). De loin, on croit voir un plateau : ce serait la surface d'érosion pré-tassilienne.

Le secteur septentrional

Il s'étend sur 4 km entre l'extrémité nord du massif et la cote 699 m de la feuille Timg'aouine. En grande partie il est constitué par un micro-granite porphyrique gris clair.

Les phénocristaux de cette roche sont de l'orthose et du quartz.

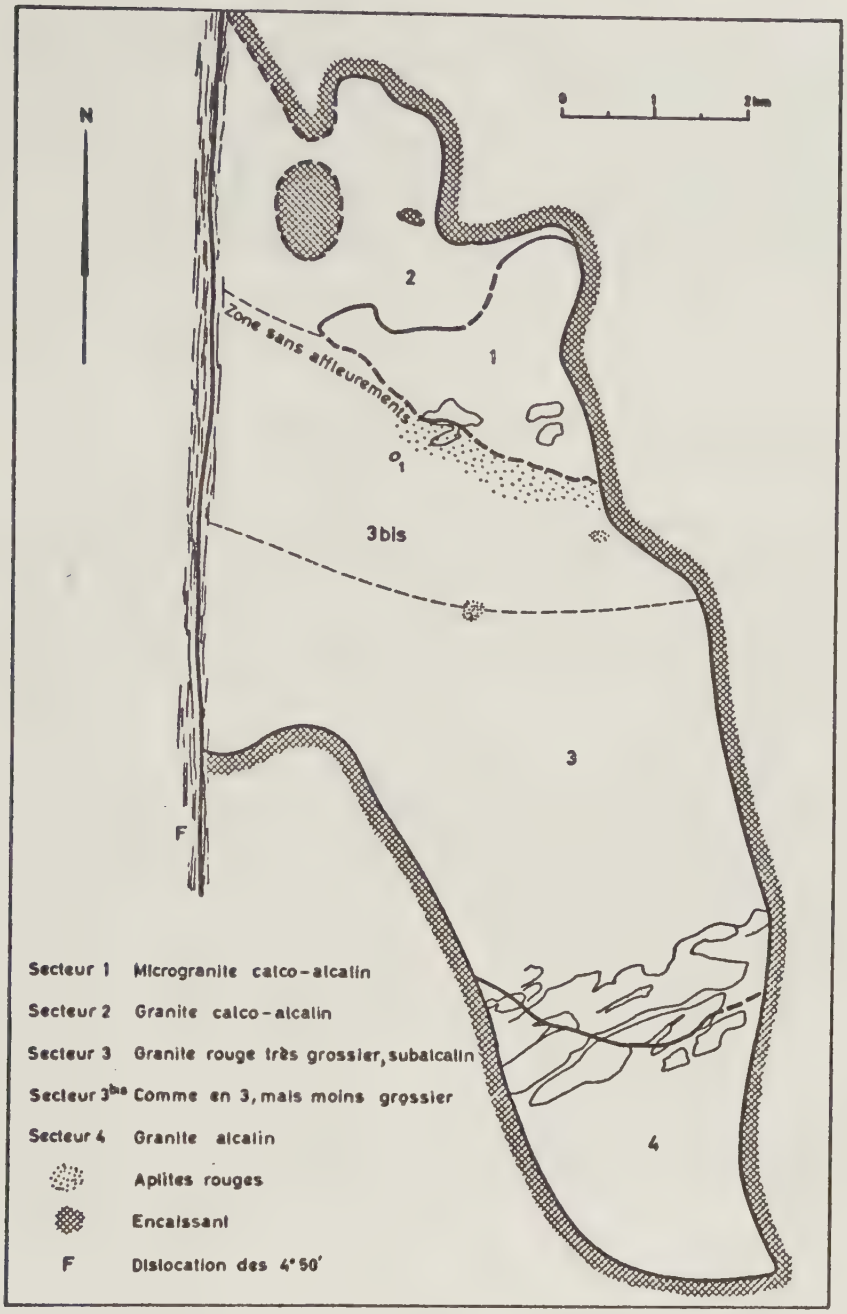
La mésostase fine renferme :

. beaucoup d'oligoclase automorphe, zonée depuis An 28 %, sinon depuis l'andésine ; elle est parfois sériciteisée et décalcifiée. Notons la fréquence des myrmékites ;

. de l'orthose parfois zonée ;

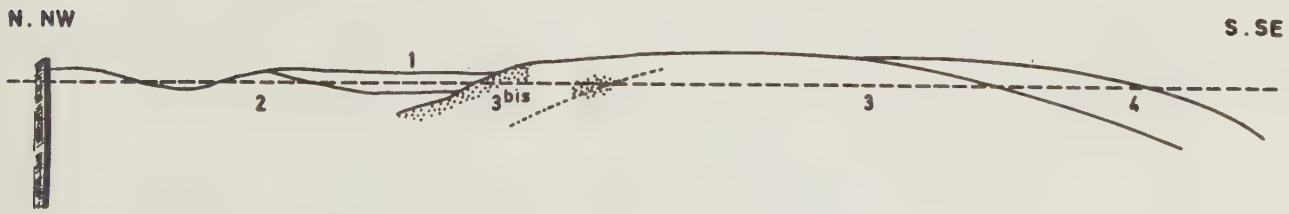
. de la biotite chloritisée et quelques granules de hornblende.

Figure 140 - CROQUIS DE L'ADRAR MARIE-LOUISE



Le contour des principaux reliefs dans les secteurs-clé a été schématisé, afin de faciliter le repérage sur les photos aériennes (N F 31 XI, n° 436 au Nord, n° 485 au Sud)

Figure 141 – COUPE THEORIQUE DE L'ADRAR MARIE – LOUISE



Les numéros 1 à 4 renvoient au texte et à la figure 140

Aplites rouges Dislocation des 4°50' ------ Niveau d'érosion

Ce microgranite est entouré au Nord et au Sud par un granite porphyroïde de même composition mais à mésostase plus grossière ; le passage paraît assez progressif. Le contact de tout cet ensemble avec le granite encaissant n'est pas directement étudiable, mais il serpente beaucoup et l'on note qu'un pendentif de toit subsiste dans le domaine intrusif. On en conclut que le microgranite occupe une position apicale, comme presque toutes les fois où j'en ai rencontré. Son analyse (n° 91) révèle des analogies avec l'Aheleheg' (n° N4) et l'I-n-Tounine (n° 82).

Le secteur médian et ses relations avec le domaine nord

Tout le corps du massif est occupé par un granite porphyroïde, rouge comme celui des deux Baouinet, mais plus alcalin (analyse 90) et plus grossier. Une albitisation envahissante affecte les feldspaths-K. La présence d'albite à inclusions de séricite et fluorine suggère une oligoclase primaire dont on ne retrouve plus guère les restes. Il est donc très possible que la roche ait eu à l'origine le même chimisme que celle des Baouinet.

Du Sud au Nord, le granite rouge à très gros grain cède la place à une roche moins grossière, dans laquelle apparaissent peu à peu des travées et des masses d'une aplite rouge plus ou moins porphyrique. Cette aplite devient prépondérante dans la large vallée, très pauvre en affleurements, qui sépare les domaines nord et médian du Marie-Louise ; elle a la composition d'un granite alcalin (analyse 93), mais la pneumatolyse fluorée semble y avoir fait défaut (absence de fluorine et de topaze).

Il est possible que l'aplite rouge recoupe le microgranite porphyrique ; elle en renferme un îlot (une enclave ? voir la figure 140). Un contact net, mais peu démonstratif, a été observé. Ainsi, l'aplite représenterait soit une bordure figée du granite rouge au contact des roches calco-alcalines du Nord, soit une concentration de magma résiduel.

L'extrémité méridionale

Le granite, très constant, y a un grain de 2 mm. Il s'identifie tout à fait à la roche courante de l'Hexagone et au granite du croissant de Baouinet Nord. La comparaison des échantillons et des analyses (n° 92 pour le Marie-Louise, 89 pour le Baouinet) ne laisse aucun doute à cet égard.

Jalonné par des enrichissements en biotite et par des lentilles de pegmatite, le contact avec le granite grossier du secteur médian a le même style que celui des deux domaines du Baouinet Nord.

CONCLUSION. *Le Marie-Louise et l'Aouilène : un seul massif ?*

Le massif de l'Adrar Marie-Louise est le plus complexe des Baouinet. Le couple granite normal - différenciés alcalins semble avoir été précédé par un granite calco-alcalin et par la bordure figée porphyrique de ce dernier. C'est ce que cherche à exprimer la coupe théorique de la figure 141. A ces deux intrusions successives correspondent deux formations apicales (on a supposé que le contact des secteurs central et méridional a un pendage faible, mais ce point serait à vérifier).

Comme le Taourirt-tan-Ataram et le Teg'orak du fossé pharusien, le Marie-Louise a évolué à l'opposé de la dislocation des 4°50', c'est-à-dire du NW vers le SE : cela expliquerait que le microgranite porphyrique et les aplites rouges aient été épargnés par les phénomènes deutériques.

Le Marie-Louise semble faire le pendant de l'Aouilène qui se trouve à 100 km plus au Nord en pays pharusien. Mais quoiqu'on ait pu espérer (Fabre, 1971), les deux massifs ne se ressemblent pas suffisamment pour être interprétés comme les deux moitiés d'une grande intrusion. Les microgranites apicaux (comparer les analyses 91 d'une part, 70 et 71 de l'autre) ne sont pas homologues ; les granites courants non plus. L'Aouilène ne présente pas la même évolution tardive ; en particulier, on n'y trouve ni granite grossier albitisé, ni capuchon d'alaskite grenue, ni topaze. La ressemblance est extérieure. Elle consiste en une même relation avec l'accident des 4°50'.

Nous perdons ainsi une bonne occasion de connaître l'ampleur du décrochement le long des 4°50!

5 - "TILLIK" (1)

Ce pointement de 1,5 x 1 km est niché contre une des grandes failles silicifiées qui rayent du SW au NE la feuille Ti-n-Begane. Il se trouve à 5 km au SW de la cote 769 m.

La roche (analyse 94) est un granite alcalin très blanc, à microcline souvent albitisé et assez abondant, mais surtout à albite en lattes. Elle est riche en topaze. Les reflets mauves de certains micas suggèrent la présence de lithium.

---

(1) Tillik : La puce.

Des pegmatites à topazes pierreuses, des greisens surmicacés (parfois à fluorine) s'observent tout autour, mais principalement au S.SE. Ceci incite à envisager que le massif s'étend en profondeur dans cette direction ; or déjà à l'affleurement, il est allongé N.NW-S.SE. Son axe est donc bien orienté comme ceux des Baouinet.

On peut comparer le granite de Tillik à la variation qui forme la pointe septentrionale du Baouinet Nord. On ne doit donc pas exclure qu'il représente l'apex d'un Baouinet enfoui.

CONCLUSION DU CHAPITRE XIX

Les nombreux massifs décrits dans ce chapitre présentent une grande diversité d'aspects. Considérons la gamme des compositions. Elle part d'un granite calco-alcalin de type classique, à feldspath-K en phénocristaux, oligoclase et biotite, et s'arrête à des albitites à zinnwaldite et topaze ; entre ces deux extrêmes se placent les roches les plus répandues, qui sont des granites alcalins à albite, microcline et micas ± lithinifères, où les proportions relatives des deux feldspaths varient assez largement.

Or une partie très notable de cette gamme correspond aux divers stades d'une même évolution post-magmatique. Ce chapitre montre, mieux que le précédent, comment une évolution de ce type en vient à oblitérer les caractéristiques primaires d'un granite calco-alcalin dont l'origine magmatique ne fait pas de doute. Dans toutes les unités de granite à biotite, s'annonce la décalcification des oligoclases, phénomène qu'accompagne la cristallisation simultanée de séricite et de fluorine (voir le chapitre XVIII et la planche 24). Si ces transformations demeurent modestes dans les roches courantes du Tessalit et des Baouinet Nord et Sud, elles s'accentuent dans le Tit-n-Enir et conduisent dans tous les autres massifs à la disparition de l'oligoclase et de la biotite ; le quadrillage du microcline tend également à se développer.

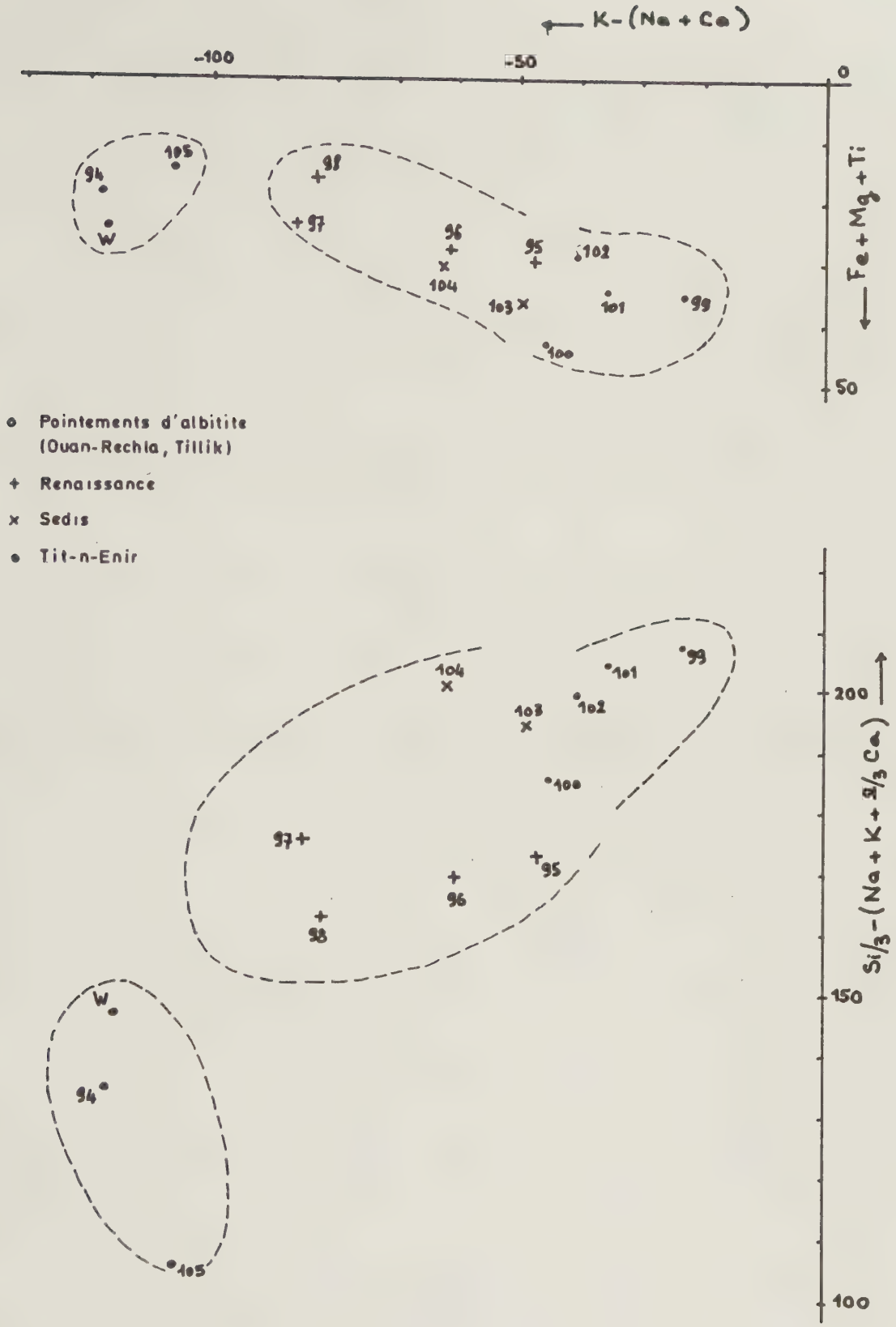


Figure 142 : DIAGRAMME DE H. DE LA ROCHE (1964) POUR LES GRANITES DE LAOUNI

Mais il existe aussi des granites alcalins primaires : les variétés équigranulaires à grain assez fin (1-2 mm) qui forment l'Ouest de "Renaissance", le NE de "Joséphine", l'essentiel de l'"Hexagone", le capuchon du Baouinet Nord et la pointe du "Marie-Louise", dériveraient de magmas résiduels à composition proche du minimum ternaire ; ceci n' exclut pas que d'importants remaniements deutériques aient affecté ces roches. De même pour les granites franchement albitiques de Tamazaror et de Ouan-Rechla, encore que l'origine et le comportement de ces magmas sodiques posent d'autres problèmes, non abordés ici.

Le diagramme de la figure 142 illustre l'évolution des granites de Laouni, partant de granites calco-alcalins relativement potassiques et aboutissant à des roches albitiques.

Pegmatites, greisens et filons de quartz minéralisés sont beaucoup plus importants dans le groupe de Laouni que dans les Baouinet. Mais on rencontre toujours les mêmes minéraux : topaze, béryl, micas lithinifères, wolframite. Notons la pauvreté relative en cassitérite et l'absence de tourmaline. Les greisens se présentent de manière caractéristique : ils sont très souvent surmicacés et forment des masses d'exocontact plutôt que des filons.

CHAPITRE XX

LES COUPOLES DISPERSEES DU COMPARTIMENT SUGGARIEN

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

Les massifs décrits dans ce court chapitre sont dispersés au Nord du parallèle de Tamanrasset, entre 23° et 24°30'. Il s'agit des coupoles bien circonscrites de Ti-n-Teganet, Ta-n-Afella et I-n-Ekoulmou, qui toutes trois ont belle allure dans le paysage. Nous disposons d'informations quelque peu disparates à leur sujet.

1 - TI-N-TEGANET

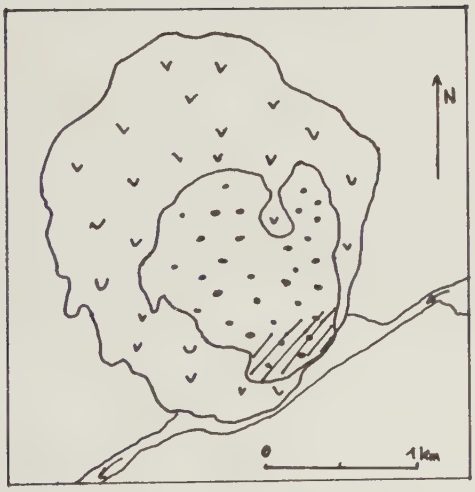


Figure 143: LE TI-N-TEGANET

Granite grossier
Granite fin tardif
Zone de mélange des deux granites

Le Ti-n-Teganet dessine une ellipse de 2,5 x 1,5 km (fig. 143). Situé à 40 km au Nord Ouest de Tamanrasset, il domine de 400 m la plaine de Tit. L'inselberg, très caractéristique (Rognon, 1967), à la forme d'un cône penché vers le Nord. Environ 5 km à l'Est, on devine l'existence d'un important noeud tectonique. Les mylonites d'I-n-Amguel, orientées à N 165°, se prolongent jusque là et rencontrent l'accident Ouest-Atakor, dirigé N 15 à 20°. Il est permis de supposer que l'intersection des deux lignes de broyage a déterminé l'emplacement du granite intrusif.

Deux types de granite constituent ce petit massif (rapports Bourgeois, 1956 ; Boissonnas, 1959).

1. Un granite subporphyroïde assez grossier, qui renferme beaucoup de microcline, moins d'oligoclase, peu de biotite. En réalité, l'oligoclase paraît souvent décalcifiée en albite à inclusions

de fluorine et de séricite (planche 24, photos 3 et 4, et cf. discussion au chapitre XVIII). A mesure que l'altitude croît, les grandes dalles du granite grossier passent à des abrupts déchiquetés ; la roche devient hétérogranulaire, plus fine dans l'ensemble, avec une tendance alcaline accrue. C'est ce qui peut expliquer le chimisme de l'échantillon T (annexe III) dont la provenance est à vrai dire inconnue.

2. Un granite rose à grain fin, de type alcalin banal (légère prédominance d'albite, microcline xénomorphe et peu perthitique, mica blanc biaxe, abondance notable de fluorine). Cette roche donne des dalles sombres entrecoupées de falaisettes. Elle affleure sur le flanc sud de la montagne jusqu'au pied des escarpements sommitaux.

Le contact des deux granites est net. Il passe à l'horizontale sous l'abrupt du sommet, et se montre ailleurs fortement incliné vers l'extérieur.

Des aplites en corps filoniens irradient à partir du contact. Elles hachent littéralement le granite grossier entre le pied de l'inselberg et l'oued qui borde le massif au Sud. C'est là que se trouvent les grandes lentilles de pegmatites dont les éboulis sont visibles de loin ; du reste, la limite est jalonnée un peu partout par des nids de pegmatites.

Le contact avec les gneiss ———— est à l'emporte-pièce. Un liséré de granite fin borde le massif en maints endroits. Au Nord et à l'Est, il renferme des nuages biotitiques et des nids de pegmatite ; sa puissance va de quelques décimètres à 2 ou 3 m. Au Sud, on observe une vraie carapace de bordure, épaisse et peu inclinée, qui renferme des miaroles creuses. Assez sinueux et indenté dans le détail, le contact sud semble peu incliné - ceci d'après l'allure du granite marginal - ; au Nord, il est subvertical ; en un point situé à l'Est, on le voit plonger fort vers l'intrusion. Aucune enclave d'encaissant n'est visible à proximité. Peu de filons à signaler, sinon un lacis d'aplites et d'aplo-pegmatites qui entrelarde les gneiss à mi-longueur de la limite ouest.

CONCLUSION

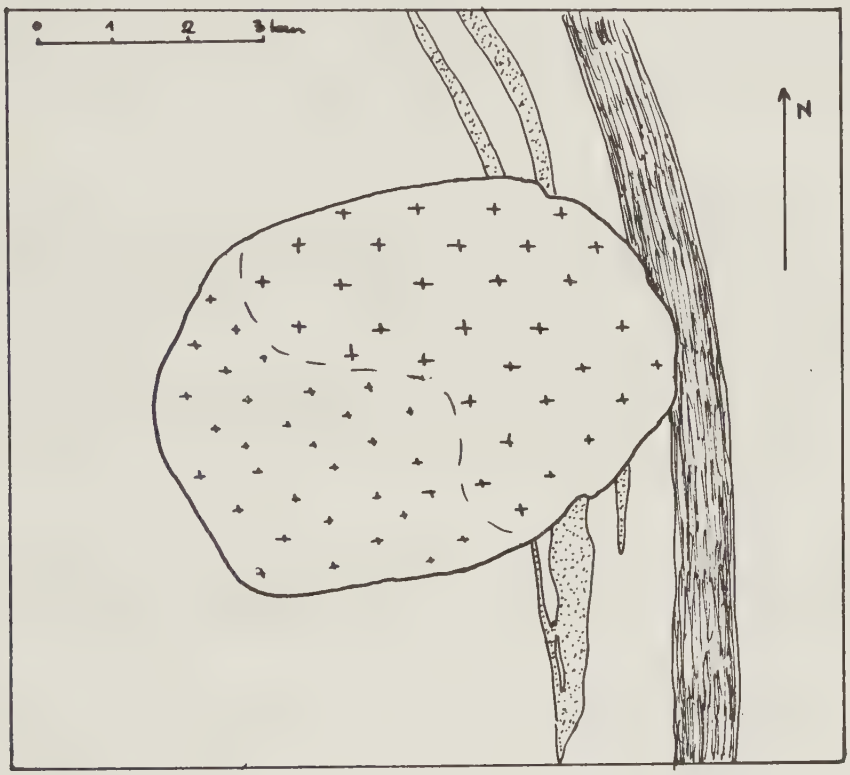
Le Ti-n-Teganet a évolué comme ses puissants voisins du groupe de Tamanrasset : granite subalcalin, puis granite alcalin. De même qu'à l'I-n-Tounine, l'évolution semble à la fois progressive (transition en altitude vers un granite alcalin hétérogranulaire), et brutale (mise en place tardive et à l'emporte-pièce d'un corps de granite alcalin à grain fin).

La dissymétrie de l'inselberg reflète l'allure originelle de l'intrusion. Le contact était beaucoup plus raide au Nord qu'au Sud. D'où les miaroles et l'épaisse carapace de bordure qui jalonnent son tronçon méridional.

2 - LE TAOURIRT TA-N-AFELLA

Le Taourirt Ta-n-Afella (alt. 2 079 m) domine de 1 100 m le bordj d'I-n-Eker. C'est un magnifique bol renversé, qui mesure 7 x 5 km à sa base. L'érosion en a toutefois évidé le quart SW. M. Lelubre (1952, t. II, p. 208) remarquait déjà que "vue d'avion ou du sol, l'allure "éruptive" du granite apparaît admirablement" (fig. 144).

Figure 144 : LE TAOURIRT TA-N-AFELLA



(extremement schématisé, d'après J. Faure, 1970)

Granites leucocrates d'I-n-Eker

Mylonites d'I-n-Amguel

Granite de Ta-n-Afella (petites croix secteur aplani du S.W.)

On sait que ce massif a été le site d'explosions nucléaires souterraines. Aussi est-il très connu, plus qu'aucun autre en Ahaggar. Parmi les documents accessibles, le premier en importance est le mémoire de J. Fauré (1970). Divers travaux l'avaient précédé : un bref compte rendu de reconnaissance par M. Lelubre (op. cit.) ; une étude pétrographique déjà plus détaillée, mais encore concise, par les géologues du

B.R.M.A. (rapport Royer, 1957) ; un essai de datation (Cambrien probable) par la méthode Rb/Sr sur une roche totale et deux micas (Boissonnas et al., 1964) ; enfin de nombreuses recherches sous l'égide du C.E.A. (Sanselme, 1963 ; Fauré, 1967, et rapports inédits : voir à ce sujet la bibliographie de Fauré, 1970) [1].

Pour ma part, je n'ai pu que prélever quelques échantillons et les étudier rapidement.

Le granite courant et ses variations

Le granite courant est clair, teinté en rose jaunâtre. Son grain est en moyenne de 1 à 2 mm, mais on remarque des quartz en globules et des feldspaths xénomorphes qui peuvent atteindre 1/2 cm. Fauré donne la composition modale suivante (moyenne de 6 mesures) : quartz = 35,3 % ; feldspath-K = 37 % ; plagio = 25 % ; Bi = 2,1 % ; Mu = 0,7 %.

Micrographie. Texture grenue banale, souvent compliquée par des indices de protoclase. Quartz à extinction roulante. Microcline "maximum" (Roubault, cité par Fauré), maclé Carlsbad, quadrillé, à filonnets et taches de perthite maclées albite. Plagioclase acide (An 5 à 15 %), formant de nombreuses petites lattes ± incluses dans les microclines, et aussi des individus plus gros qui renferment l'association classique de séricite et fluorine (ex - oligoclases primaires). Biotite brune, souvent chloritisée. Fluorine.

Le caractère acide et alcalin de la roche est bien mis en évidence par les analyses chimiques (voir l'annexe III : analyses U et V, analyses suppl. n° 10 à 12). On notera aussi la teneur élevée en fluor.

Variations. Ce granite est très homogène. On y a néanmoins remarqué des variations de détail, dont voici les plus notables.

1. Dans le secteur aplani du Sud Ouest, la texture devient peu à peu subporphyroïde. Les phénocristaux de microcline restent souvent espacés de plusieurs centimètres, sans guère dépasser 1 cm de long. Sous le microscope, la texture tend vers le type classique à oligoclase automorphe : mais elle peut se trouver embrouillée par le développement de petites albites tardives, parfois aussi par les protoclases. Les analyses chimiques (anal. suppl. 13 à 15) révèlent une homogénéité remarquable ; comme prévu, la roche est un peu plus

---

(1) Précisons aussi que le massif a fourni le granite étalon GH du C.R.P.G. (Roubault et al., 1964, et analyse V de l'annexe III ci-après).

calco-alcaline et potassique que le granite courant. Ce secteur du massif semble assez riche en enclaves microgrenues, dont certaines ont une composition nettement monzonitique, et en passées diffuses de granite porphyrique à pâte fine.

2. J. Fauré signale un granite rose plus sodique (anal. suppl. n° 17), de grain assez fin, rencontré le long de diaclases méridiennes ainsi qu'en amas à la bordure orientale du massif. Les traits marquants de cette roche sont : une cataclase notable, la présence de microcline à texture graphique, l'acidité du plagioclase (An 10 % au maximum), la chloritisation poussée des biotites.

   Fauré note que le granite rose paraît lié aux accidents tectoniques nord-sud et à des zones de contraintes intenses. Il en conclut à une origine par transformation du granite courant sous l'effet de la pression. Hypothèse déjà surprenante en soi, et d'ailleurs infirmée par la description même que donne l'auteur : par exemple, comment imaginer que de la micropegmatite naisse ainsi ? En fait, le granite rose semble se présenter comme une différenciation tardive de la roche courante.

3. Les aplites et pegmatites (1) sont assez répandues. Fauré décrit tout d'abord des taches diffuses de granite fin qui sont recoupées par le faciès rose et où le plagioclase, minéral dominant, est une oligoclase à 15-20 % d'An : ces détails paraissent indiquer qu'il s'agit d'une variété d'enclaves microgrenues à composition monzonitique. Mais pour la plupart, les aplites forment des filons. A la surface du massif, elles dessinent des alternances rubanées avec des pegmatites ; on y trouve de la fluorine, du béryl, de la wolframite (photo p. 403, in Fauré 1970).

   Signalons un filon annulaire de quartz à fluorine sur la petite butte qui émerge de la zone arasée au SW ; l'anneau a 100 m de diamètre, le filon 10 m d'épaisseur.

En résumé, le Taourirt Ta-n-Afella est essentiellement constitué par un granite alcalin de tendance potassique, à microcline et albite, ou à microcline et oligoclase acide. Une variété subalcaline à microcline et oligoclase moyenne affleure dans la zone la plus érodée du massif. Les phénomènes post-magmatiques (albitisation, pneumatolyse fluorée) paraissent avoir joué un rôle important et l'on doit supposer qu'ils s'accentuaient vers le haut de l'intrusion.

---

(1) Anal. suppl. 16.

Il existe enfin un cortège plus ou moins filonien de différenciés tardifs (granite rose, aplites et pegmatites) qui manifestent un renforcement de la tendance alcaline.

Contrôles structuraux, mode de mise en place et fracturation

Le Taourirt traverse un ensemble de gneiss, de calcaires métamorphiques et de leucogranites plus ou moins laminés ("groupe d'I-n-Eker"). Son bord oriental mord sur la bande des mylonites d'In-Amguel : il est probable que cette importante dislocation a contrôlé l'emplacement du massif.

Autre contrôle possible, mais entièrement hypothétique : j'ai signalé dans la section 5 du chapitre XIII qu'un linéament profond semblerait matérialisé par l'alignement des Taourirts d'Iseddiène, Tan-Ataram, Tan-Afella et I-n-Ekoulmou. Ainsi, l'emplacement du Taourirt Tan-Afella serait imposé par l'intersection de deux linéaments.

Au droit du Taourirt, les bandes alternantes de gneiss, granites anciens et mylonites subissent une légère inflexion. De N 160° E entre In-Amguel et In-Eker, elles passent à N 150° E au Nord du massif. Dans la mesure où cette courbure s'expliquerait par un coulissage le long de l'accident d'I-n-Amguel, on peut supposer qu'elle créait un site favorable à la mise en place d'une masse de magma (cf. les mouvements P3 du fossé pharusien, et les inflexions des schistes observées au droit du Tisselliline, p. 84 , et du Tesnou, p. 189).

Plus douteux apparaît le contrôle envisagé par J. Fauré, à savoir les grands plis droits subméridiens de l'encaissant : si, comme l'indique cet auteur (p. 83), le Taourirt "se localise ... sur la forme anticlinale principale de la série d'In-Eker à l'endroit où elle s'épanouit le plus largement", il peut s'agir d'une coïncidence. On imagine mal que la géométrie des plis ait réglé la position d'un tel massif, qui est d'origine profonde et a été mis en place assez haut dans des terrains cratonisés.

Le contact externe du Taourirt n'est presque nulle part observable. Aussi a-t-on encore plus de mal qu'ailleurs à reconstituer le mécanisme de la mise en place. Fauré signale quelques enclaves de gneiss, qui sont sans doute déplacées puisque, leur foliation avoisinant presque toujours l'horizontale, "il n'apparaît pas de relation géométrique simple avec les directions des gneiss qui entourent le massif" (p. 80). Une fois de plus, malgré la rareté des blocs visibles, nous en venons à un mécanisme de rupture de l'encaissant.

Se fondant sur l'analyse des orientations magnétiques des schistes cristallisés au Nord et au Sud du massif, Fauré (1967, 1970) envisage une mise en place diapirique accompagnée d'un léger refoulement des strates. Mais, remarque-t-il en même temps, ce rebroussement serait antérieur, au moins en partie, à une schistosité de fracture nord-sud ou N 10° E, qui est largement présente dans la région. Tant que l'origine de cette schistosité n'est pas clairement définie, on doit se montrer très prudent avec ce genre d'observations.

Quoiqu'il en soit, l'hypothèse du refoulement diapirique a eu pour conséquence heureuse de faire écarter par Fauré le schéma de H. Sanselme (1963), qui attribue au Taourirt une section elliptique à grand axe horizontal et exclut tout enracinement en profondeur. Contrairement à l'oeuf de Colomb, "l'oeuf" de Sanselme n'aura connu qu'un bref succès de curiosité (1).

Fracturation. J. Fauré a fait porter une grande partie de son effort sur l'étude statistique des diaclases. Dans "le coeur de granite sain et homogène", il distingue 3 systèmes : Nord-Sud, N 80° E, N 110° E. Dans "l'écorce", épaisse de 200 à 300 m, se manifestent en plus les diaclases courbes d'exfoliation.

Enfin, deux failles ont affecté le massif. L'une à N 80° E, rejette le compartiment nord vers l'Est de 100 m environ. L'autre, sensiblement méridienne, décroche le compartiment est vers le Nord de la même longueur. Il se confirme une nouvelle fois que les Taourirts précèdent les derniers rejeux d'accidents.

CONCLUSION

Le Taourirt Tan-Afella est très homogène. On y relève cependant quelques signes d'une évolution assez comparable à celle des Taourirts de Tamanrasset. C'est ainsi qu'un granite subalcalin à microcline et oligoclase semble surmonté par un granite alcalin à microcline et albite, enrichi en fluorine. Le passage de l'un à l'autre est progressif ; seuls quelques différenciés filoniens apparaissent sécants sur l'ensemble. Le terme subalcalin, qui domine dans les autres massifs, est peu représenté ici, soit à cause d'une érosion insuffisante, soit parce que les phénomènes post-magmatiques l'auraient largement fait évoluer vers le pôle alcalin.

---

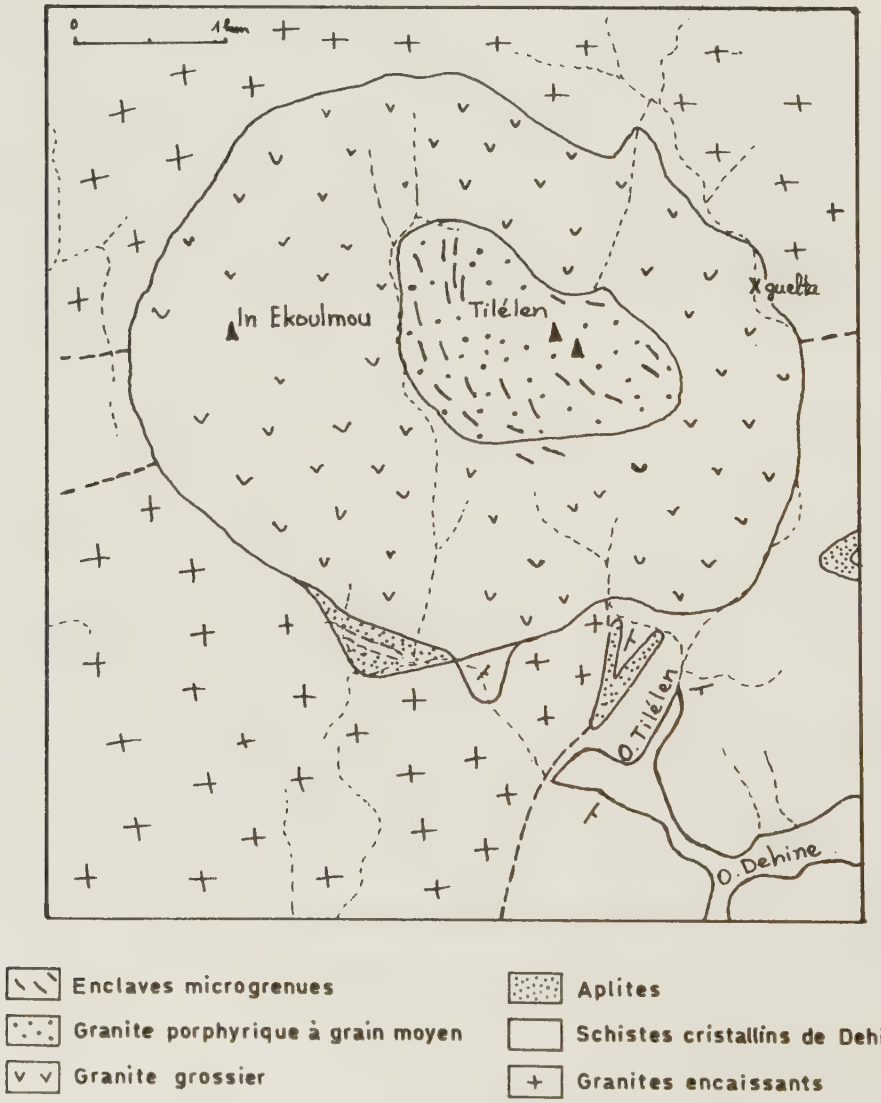
(1) *A priori*, il n'aurait pas été absurde de postuler une forme en bulle, avec resserrement progressif vers le bas : c'est le profil admis pour bien des diapirs.

3 - L'I-N-EKOULMOU

Généralités

L'Adrar I-n-Ekoulmou (ou I-n-Akoulmou ; alt. 2 369 m) est le point culminant de la Tefedest. Par une belle envolée de dalles fauves, son versant sud domine d'environ 1 000 m la vallée de l'oued Dehine, fort pittoresque à cet endroit.

Figure 145-L'IN-EKOULMOU



Enclaves microgrenues
Granite porphyrique à grain moyen
Granite grossier
Aplites
Schistes cristallins de Dehine
Granites encaissants

M. Lelubre (1952) prévoyait que des intrusions comparables aux Taourirts avaient pu traverser le vaste complexe des granites de la Tefedest. De fait, J. Maisonneuve (1956) signale l'existence d'un granite circonscrit "d'In-Akoulmou" ; partant de données très maigres - une seule analyse chimique et quelques rudiments de pétrographie - il tente un parallèle avec le Taourirt Tan-Afella et les autres Taourirts. Il fera de nouveau allusion à l'In-Akoulmou dans son essai de classification des granites de la Tefedest méridionale (1970). En 1955 et 1956, les géologues du B.R.M.A. (mission Royer) parcourent le massif, y relèvent plusieurs variétés de granite et en indiquent les relations mutuelles. J'ai visité le massif peu après, brièvement (rapport 58-59).

Il ne sera pas fait mention ici de l'encaissant, sujet des recherches en cours de G. Vitel. Précisons seulement que l'I-n-Ekoulmou recoupe à l'emporte-pièce des granites, et qu'il empiète à l'Est sur les schistes cristallins de Dehine (fig. 145). Un léger métamorphisme de contact s'observe dans ces derniers : sur quelques centimètres, la biotite se regroupe en petits amas. Vitel (1969) signale dans ces formations de Dehine une schistosité horizontale de fracture, et considère qu'elle est liée à la mise en place du massif.

L'intrusion, énorme bulle d'environ 4 500 m de diamètre, ressort assez bien sur les photos aériennes, grâce à un système de ravins arqués qui la délimite. Mais la cartographie géologique reproduit imparfaitement cet aspect : du fait que des placages de granite encaissant montent haut sur le flanc de la coupole, au NE surtout, le contact dessiné serpente à l'intérieur du contour supposé.

Constitution du massif (fig. 145)

Le granite grossier. A l'oeil nu, il montre :

- nombreux quartz en globules de 0,5 à 1 cm ;
- dominante de feldspath potassique un peu rosé, en masses informes et en (phéno)cristaux. Les plages atteignent 2 cm ;
- plagioclase subordonné ;
- quelques % de biotite rassemblée.

Certaines lames minces révèlent une composition de granite calco-alcalin à microcline quadrillé et oligoclase zonée (on remarque même de belles synneusis). Dans d'autres lames, l'oligoclase est plus ou moins décalcifiée en une albite à inclusions de séricite et fluorine (cf. chapitre XVIII). La fluorine peut alors être assez abondante.

L'annexe III reproduit les 2 analyses disponibles : R et S.

Le granite porphyrique à grain moyen de Tilélen. Une roche beaucoup moins grossière affleure dans le centre-est du massif, y formant les 2 aiguilles très diaclasées de Tilélen. C'est un granite calco-alcalin porphyrique, à phénocristaux de quartz (0,5 à 1 cm maximum) et de feldspath (1,5 cm au plus) flottant dans une mésostase assez fine (1 à 2 mm), qui contient de 5 à 10 % de biotite. Son contact avec le granite grossier paraît vertical dans l'ensemble. Il est annoncé par des bouffées de phénocristaux. Ceci suggère la reprise du granite porphyrique par la roche à gros grain, ou encore un mélange comme on en observe entre les granites et les microgranites apicaux de l'Aheleheg' et de l'I-n-Tounine.

Les enclaves microgrenues. Très nombreuses, elles donnent un cachet particulier au massif. Les formes sont variées : boules, disques, oeufs, fuseaux, et les dimensions vont de quelques centimètres à 1 m. La roche est grise, très fine, semée de quelques phénocristaux.

Sous le microscope, on observe une texture confuse à grains imbriqués et lobés. Les quartz s'éparpillent en gouttelettes dans les feldspaths ; le microcline quadrillé est abondant ; les plagioclases n'ont guère de formes caractéristiques, encore que l'on aperçoive quelques assemblages ± radiés (ils sont parfois décalcifiés, avec apparition de séricite et de fluorine).

Pour la plupart, ces enclaves se trouvent dans le granite hétérogranulaire à grain moyen ; elles avoisinent de préférence sa bordure sud et ouest. Quelques mesures d'orientation ont montré qu'elles tendent à se disposer parallèlement à cette limite (fig. 145). On observe aussi de ces enclaves dans le granite grossier, mais elles n'y forment pas d'essaims.

Les aplites à topaze. Des bancs d'aplite à muscovite et topaze frangent le massif au Sud. Ils débordent aussi dans l'encaissant, et sur ce seul critère, on peut être tenté de les raccorder plutôt au granite de l'Escarneiedh, qui a précédé l'I-n-Ekoulmou dans le secteur. C'est la présence de topaze qui nous incite, avec doute, à lier ces aplites au massif étudié ici.

Discussion

Nous ne sommes guère armés pour interpréter l'I-n-Ekoulmou, massif qui mériterait une étude plus approfondie. Il est possible que le granite porphyrique à grain moyen représente une bordure figée (1). Sa situation en contrebas du pic terminal d'I-n-Ekoulmou fait alors supposer que le granite grossier a repris et dépassé sa marge microgrenue (cf. autres exemples : I-n-Tounine, ci-dessus p. 491 ; Didier, 1964 ; Pécher 1971,...). Ceci expliquerait l'allure subverticale du contact. Mais contre cette idée, on doit signaler les caractères tout

---

(1) Citons pour mémoire, et oublions, l'hypothèse (Boissonnas 1963-a) selon laquelle ce granite à grain moyen constitue une étape de la formation *in vitro* du granite grossier aux dépens d'une intrusion microgrenue dont ne subsistent que les enclaves.

autres d'un faciès de bordure incontestable : il s'agit d'un microgranite porphyrique à gros phénocristaux et à mésostase claire, visible en particulier dans les parages de la guelta de Tilélen. Cette roche ressemble beaucoup aux microgranites bordiers de l'Adrar Tanaout.

On peut aussi envisager l'intrusion presque simultanée de deux magmas distincts, l'un correspondant au granite à grain moyen, et l'autre, à peine postérieur, ayant donné le granite grossier. Cette hypothèse rendrait mieux compte de la disposition des enclaves microgrenues, mais n'est guère argumentable en l'absence de toute idée sur la géométrie des 2 masses en question (1).

CONCLUSION

L'I-n-Ekoulmou est le plus intéressant des 3 massifs décrits dans ce chapitre, mais aussi le moins connu. Dans ses grandes lignes, le schéma évolutif reste celui de tous les Taourirts du compartiment suggarien : mise en place et cristallisation de granite calco-alcalin, puis évolution post-magmatique provoquant la décalcification partielle des oligoclases et l'apparition de fluorine, voire de topaze. Mais le pullulement des enclaves microgrenues, la présence d'une enclave kilométrique de granite calco-alcalin à grain moyen, laissent prévoir une histoire plus complexe. De toute manière, l'étude de l'I-n-Ekoulmou devrait être intégré à celle de la grande chaîne granitique de la Tefedest.

---

(1) Le matériel des enclaves microgrenues a peut-être pris naissance en profondeur, par hybridation entre magmas acides et basiques. L'abondance du microcline quadrillé témoigne d'une importante recristallisation tardive sous l'influence du granite.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

Dans le compartiment de l'Ahaggar central, la phase ultime du plutonisme granitique est assez nettement détachée des précédentes, puisque l'on observe un puissant épisode intercalaire de mise en place de roches microgrenues filoniennes. A ce moment, le bâti était induré, il achevait sa surrection tardi-orogénique. Mais les grandes lignes de faiblesse jouaient encore : aussi ont-elles déterminé l'allure des essaims d'intrusions, imposé l'emplacement des coupoles isolées et contrôlé la montée des magmas.

La taille des massifs décroît du Nord au Sud, et ceci correspond à une diminution effective du volume des magmas, non à une érosion moindre. Non seulement les "Taourirts de Tamanrasset" sont plus volumineux que les Baouinet, lesquels sont plus gros que les pointements de Laouni, mais les plus grands d'entre eux - I-n-Tounine et Taessa - se trouvent vers le Nord du groupe. Il vaut la peine d'insister sur l'importance de ces massifs qui affleurent en plein coeur de l'Ahaggar. On sait que cette région est le site d'un bombement récent, accompagné par du volcanisme (Bordet, 1952, Rognon, 1967, Girod, 1968-71) et par un épaississement considérable de la croûte profonde (Merlet, 1962). Or nous constatons que déjà au Précambrien terminal ou au Cambrien, l'activité endogène fut considérable à cet endroit précis.

Plusieurs particularités de ces granites ne peuvent s'expliquer que par une cristallisation à faible profondeur : bordures figées (Taourirts de Tamanrasset, Adrar Marie-Louise), granophyres et felsites en filons (Aheleheg', I-n-Tounine), phénomènes post-magmatiques à caractère explosif (Aheleheg', Hexagone). La richesse des magmas en pneumatolytes (F, Li_2O...), notamment dans le groupe de Laouni,

devait permettre une mise en place supercrustale. Un argument supplémentaire est fourni par le rapakiwi de Taessa, qui paraît fort comparable à certains exemples finlandais.

Si le mode de mise en place est sans aucun doute l'abattage de l'encaissant, l'on ne peut guère se faire une idée précise de la dimension des panneaux abattus. On ne doit pas exclure la présence d'un plancher effondré en masse, notamment à l'Aheleheg' où le diatrème a ramoné des gneiss. Mais l'abattage de petits blocs a aussi joué un rôle, sinon prépondérant, au moins complémentaire.

Dans ses grandes lignes, le schéma évolutif est partout le même : cristallisation de granite subalcalin potassique ou calco-alcalin, puis évolution vers des granites alcalins enrichis en fluorine, éventuellement en topaze, et à micas ± lithinifères ; notons l'absence persistante de la tourmaline, indice d'un déficit régional en bore. Cependant, l'activité post-magmatique est nettement plus évidente dans les massifs méridionaux que dans les Taourirts de Tamanrasset, encore qu'elle s'y manifeste tout aussi irrégulièrement. On voit prédominer des "apogranites", anciens granites calco-alcalins modifiés *in situ*. Il semble que par rapport au fluor et au lithium, le béryllium soit plus abondant ; de même, la teneur en Sn diminue par rapport à celle en W.

Parmi les caractères géochimiques de l'ensemble, retenons par conséquent la pauvreté en B, la richesse en Sn, W, Li, Be. Pour un ensemble d'intrusions ainsi liées par la géochimie, et qui apparaît dispersé sur un territoire de plus de 40 000 km^2, il est légitime de parler de "province". Mais cette province ne doit pas être considérée isolément. Elle s'intègre dans un ensemble beaucoup plus vaste, dont l'âge va du Précambrien terminal au Tertiaire : à la célèbre province des granites jeunes [(1)], il convient sans doute d'ajouter au moins le Tibesti (Vincent, 1961).

---

(1) Quelques références : Jacobson et al., 1958 ; Rocci, 1960 ; Turner, 1963, 1964 ; Black, 1965 ; Lasserre, 1966...

Quant au problème de la provenance des magmas, nous ne pouvons guère l'aborder qu'en procédant par analogie. Les corps basiques associés qui suggéraient une origine en partie infracrustale pour les Taourirts du fossé pharusien, font tout-à-fait défaut ici ; ce peut être un indice de fusion sialique. Nous ignorons tout des rapports isotopiques initiaux du strontium, mais il semble possible de remédier quelque peu à cette lacune : le granite normal des Taourirts de Tamanrasset, non modifié par les réactions deutériques, ressemble beaucoup au granite à orthose, oligoclase et quartz globuleux de certaines intrusions à tendance subvolcanique du môle d'In Zize : Ihouhaouène et Tihimatine (Le Fur 1966, et échantillons personnels). Or le complexe d'In Zize lui-même a un Sr initial tel que l'on doit envisager une origine crustale (Caby, comm. pers.)[1].

---

(1) La recherche d'une analogie génétique avec les Younger Granites paraît prématurée, car la pétrogenèse de ces complexes est en cours d'étude. Depuis quelques années, la tendance est à postuler une genèse par fusion sialique (Tugarinov, 1968 ; Brown et Bowden, 1973). De son côté, la géophysique semble exclure une différenciation à partir de magmas basiques (Turner, 1969).

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce long périple à travers les granites du Sahara central, il me revient en mémoire que "cent lapins n'ont jamais fait un cheval, pas plus que cent présomptions ne font une preuve" (proverbe anglais). En effet, le survol d'aussi nombreux sujets sans base analytique importante ne permettait guère de remonter avec une bonne sécurité aux phénomènes pétrogénétiques. C'est bien ce qu'écrivait H.B. de Saussure dans le texte cité à la page 30 !

Il était donc fatal que cet ouvrage insiste sur l'étude du terrain. J'ai rassemblé les principaux résultats à la fin de chacune des trois parties (pp. 113, 423 et 604). Il reste maintenant à en donner une vue plus générale.

Assez brève, la première partie présente les grands batholites de granite calco-alcalin potassique qui ont envahi le fossé pharusien pendant et après le paroxysme des plissements. Elle détaille un aspect tardif et remarquable de ce plutonisme syn-orogénique, à savoir la montée de petits diapirs le long de failles coulissantes.

Peu après cet épisode, l'activité plutonique devait reprendre de plus belle dans l'Est du fossé, où elle a été contrôlée par deux grands accidents qui coulissaient encore : l'un d'eux est la dislocation majeure des 4°50', dont l'importance se juge à l'échelle de l'Afrique. La seconde partie du mémoire décrit longuement ces nouveaux granites. Quelque peu échelonnés dans le temps, ils représentent le magmatisme calco-alcalin tardif de la chaîne pan-africaine en Ahaggar. Mais certains d'entre eux, les plus jeunes sans doute, ont une affinité subvolcanique, rehaussée par la présence de granites métalumineux (1) à mésoperthite et ferrohastingsite : ils annoncent à leur manière la détente post-orogénique.

---

(1) Au sens de Shand.

La troisième partie nous transporte dans le compartiment de l'Ahaggar central. Si l'on en juge par le développement des bordures figées, par la présence occasionnelle de granophyres et par le fait que le feldspath potassique est souvent de l'orthose, les derniers granites accentuent l'affinité subvolcanique des précédents : conclusion logique dans la mesure où ces massifs, tout en restant contrôlés par des rejeux d'accidents, ont sans doute traversé des terrains plus "cratonisés" que ceux du fossé pharusien. Notons cependant que les structures concentriques font ici défaut et que la composition primaire ne s'écarte guère de celle d'un granite calco-alcalin ou subalcalin potassique, à biotite et deux feldspaths.

Il importe enfin d'évoquer en quelques mots le magmatisme tardif du môle d'I-n-Ouzzal, beau sujet encore assez peu connu qui constitue le complément logique de cette étude. Sans être affecté dans sa masse par l'orogenèse pharusienne, le môle a été impliqué à la fin du cycle dans des déplacements horizontaux de grande ampleur (Caby, 1968). Des volumes considérables de magma ont pu monter à travers le bâti ainsi mis en tension. Pourtant, aucun contrôle significatif des corps granitiques, aucun alignement, ne se dessine au niveau d'affleurement, au contraire de ce qui s'observe dans le fossé pharusien et dans le compartiment central.

Le complexe d'InZize est le plus important de ces massifs. Aucun doute ici sur la réalité d'un gisement subvolcanique, puisque les roches grenues sont associées à des ignimbrites. Les granites à mésoperthite semblent fort répandus dans le groupe (Lelubre, 1952 ; Le Fur, 1966), mais il existe aussi, comme en Ahaggar central, des variétés à orthose et oligoclase (échant. personnels, et Le Fur, op. cit.).

Quant aux intrusions tardives de l'Adrar des Iforas, elles font très probablement partie de la même famille. Cependant, elles paraissent nettement plus riches en pyroxènes et amphiboles sodiques (Lelubre, op. cit. ; Karpoff, 1960) : d'où un caractère hypo-alumineux plus accusé (1).

Du complexe de Tesnou à l'appareil d'InZize, via les autres Taourirts du fossé pharusien et les intrusions de l'Ahaggar central, nous voyons apparaître puis s'affirmer une tendance subvolcanique, en même temps que les caractères chimico-minéralogiques évoluent. Cette gradation illustre le passage d'un plutonisme tardi-orogénique à un magmatisme de plate-forme (2). Toutefois, il faut se garder de la confondre avec l'évolution continue d'un type unique d'intrusions : à chaque grande unité structurale de l'Ahaggar ses derniers granites, nés et mis en place dans des conditions spécifiques.

---

(1) Il est tentant de mettre en parallèle cette évolution et celle qui apparaît dans le fossé pharusien lorsque l'on compare le Tioueiine à un massif comme le Tesnou 1. Une polarité nord-sud se manifeste dans les deux cas.

(2) Par conséquent, si l'on peut admettre que les Taourirts annulaires du fossé se présentent comme les précurseurs mal dégrossis des Granites Ultimes de l'Aïr et des Younger Granites de Nigeria (Rocci, 1959 et 1969), ils annoncent d'abord leurs voisins du môle d'I-n-Ouzzal.

*

* *

"Pour faire un granite, l'on (prend) une poignée de neige, force sucre en poudre, puis l'on presse dessus le jus d'un citron. Il ne reste plus ensuite qu'à brouiller le tout ensemble, et l'on obtient un breuvage de la dernière transcendance".

Extrait des Nouveaux Voyages en Zigzag, de R. TOPFFER (2ème éd., 1858)

BIBLIOGRAPHIE (1)

PUBLICATIONS D'ORDRE GENERAL ET ARTICLES CONCERNANT D'AUTRES REGIONS QUE L'AFRIQUE DE L'OUEST

AKAAD M.K. (1956) - The Ardara granitic diapir of County Donegal (Ireland). *Quart. J. geol. Soc. London*, vol. 112., pp. 263-288.

ALTHAUS E. (1967) - The triple point andalousite-sillimanite-kyanite. *Contrib. Miner. Petrol., Beitr. Miner. Petrol., Dtsch*, 16, pp. 29-44.

ANGUS N.S. (1962) - Ocellar hybrids from the Tyrone igneous series, Ireland. *Geol. Mag., G.B.*, 99, pp. 9-26.

ARMSTRONG R.L. (1966) - K-Ar dating of plutonic and volcanic rocks in orogenic belts ; in : Potassium Argon Dating, Springer Verlag, Berlin, p. 117-133.

AUBERT G. (1969) - Les coupoles granitiques de Montebras et d'Echassières (Massif central français) et la genèse de leurs minéralisations en étain, lithium, tungstène et béryllium. *Mém. B.R.G.M., Fr.*, n° 46, vol. I : 349 p. et vol. II : annexes.

AUBERT G., AUTRAN A., BURNOL L. (1965) - L'albitite quartzique à lépidolite de Beauvoir, variété d'apogranite. *C.R. Acad. Sci., Fr., t. 260*, pp. 6158-6161.

AUBERT G., DEMANDER M., ROQUES M. (1966) - Les enclaves dans le granite à albite de Montebras (Creuse). *Bull. B.R.G.M., Fr.*, 1ère sér., n° 3, pp. 1-10.

AUTRAN A., FONTEILLES M., GUITARD G. (1970) - Relations entre les intrusions de granitoïdes, l'anatexie et le métamorphisme régional, considérées principalement du point de vue du rôle de l'eau : cas de la chaîne hercynienne dans la partie orientale des Pyrénées. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XII, pp. 673-731.

BAILEY E.B., MAUFE M.A. et al. (1960, 2e ed) - The geology of Ben Nevis and Glen Coe and the surrounding country (1e éd. 1916). *Mem. Geol. Surv. Scotland.*

BALK R. (1937) - Structural behaviour of igneous rocks. *Mem. geol. Soc. Amer.*, n° 5, 177 p. - 2e éd., Edwards, Ann Arbor, 1948.

BARKER D.S. (1970) - Compositions of granophyre, myrmekite and graphic granite. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 81, pp. 3339-3350.

BARRIERE M. (1972) - Hybridisation de roches basiques par un granite porphyroïde dans le massif de Ploumanac'h (Côtes-du-Nord). *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 274, pp. 983-986.

BARTLETT R.W. (1969) - Magma convection, temperature distribution and differenciation. *Amer. J. Sci.*, 267, pp. 1067-1082.

BATEMAN P.C., CLARK L.D., HUBER N.K., MOORE J.G., RINEHART C.D. (1963) - The Sierra Nevada batholith - a synthesis of recent work across the central part.
U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 414 D, 46 p.

BATEMAN P.C., EATON J.P. (1967) - Sierra Nevada batholith. *Science, U.S.A.*, 158, pp. 1407-1417.

BERGER A.R., PITCHER W.S. (1970) - Structures in granitic rocks : a commentary and a critique on granite tectonics. *Proc. geol. Soc. London*, 181, pp. 441-461.

BEUS A.A., SEREVOV E.A., SITNIN A.A. (1962) - Granites albitisés et greisenisés (apogranites). *Izv. Akad. Nauk. SSSR*, Moscou, 1 vol. 196 p.

BHATTACHARJI S., NEHRU C.E. (1972) - Igneous differentiation models for the origin of Mount Johnson, a zoned Monteregian intrusion, Quebec, Canada - 24ème Congrès géol. int., Montréal 1972, 14, pp. 3-17.

BILLINGS M.P. (1938) - Introduction of potash during regional metamorphism in Western New Hampshire. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 49, pp. 289-302.

BILLINGS M.P. (1956) - The geology of New Hampshire - Part II : Bedrock geology - N.H. State plan. and Devel comm., Concord, N.H., 203 p.

BLAKE D.H., ELWELL R.W.D., GIBSON I.L., SKELHORN R.R., WALKER G.P.L. (1965) - Some relationships resulting from the intimate association of acid and basic magmas. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 121, pp. 31-49.

BONIN B., VIALETTE Y., LAMEYRE J. (1972) - Géochronologie et signification du complexe granitique annulaire de Tolla-Cauro (Corse). *C.R. Soc. géol. Fr.*, pp. 52-55.

BROWN P.E., MILLER J.A. (1969) - Interpretation of isotopic ages in orogenic belts
in : Time and Place in Orogeny ; *Geol. Soc. London, Special Publ.* n° 3, pp. 137-155.

BROWN G.C., FYFE W.S. (1970) - The production of granitic melts during ultrametamorphism. *Contrib. Miner. Petrol., Beitr. Miner. Petrol., Dtsch*, 28, n° 4, pp. 310-318.

BUDDINGTON A.F. (1959) - Granite emplacement with special reference to North America. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 70, pp. 671-747.

BURNHAM C.W. (1967) - Hydrothermal fluids at the magmatic stage - in : Geochemistry of hydrothermal ore deposits ; ed. Barnes ; Helt, Rinehart et Winston, New-York, pp. 34-76.

CAPDEVILA R. (1969) - Le métamorphsime régional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice nord-orientale (NW de l'Espagne). Thèse, Fac. Sci. Montpellier, 430 p.

CAPDEVILA R., FLOOR P. (1970) - Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le Nord-Ouest de l'Espagne. *Bol. geol. miner. Esp.*, t. LXXI-II-III, 215-225, pp. 101-111.

CARRON J.P. (1969) - Recherches sur la viscosité et les phénomènes de transport des ions alcalins dans les obsidiennes granitiques. Trav. Lab. Geol. ENS, 112 p.

CARRON J.P. (1969) - Vue d'ensemble sur la rhéologie des magmas silicatés naturels. *Bull. Soc. fr. Miner. Cristallogr.*, 92, pp. 435-446.

CHAPMAN R.W. (1954) - Criteria for the mode of emplacement of the alkaline stock at Mount Monadnock, Vermont. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 65, pp. 97-114.

CHAURIS L. (1971) - Albitites quartziques et microalbitites quartziques des environs de Morlaix (Massif armoricain). *C.R. Soc. géol. Fr.*, pp. 354-356.

CHAYES F. (1955) - Potash Feldspar as a by-product of the biotite-chlorite transformation. *J. Geol., U.S.A.*, 63, pp. 75-82.

CLAXTON C.W. (1968) - Mineral layering in the Galway granite, Connemara, Eire. *Geol. Mag., G.B.*, 105, n° 2, pp. 149-159.

CLOOS H. (1925, et autres articles) - Voir bibliographie in : Balk, 1937-1948.

COGNE J., MILLOT G., SCHEIBLING Ch. (1961) - Relations des phénomènes microstructuraux (schistosité et microplissement) avec le métamorphisme des schistes de Steige au voisinage des granites de la région d'Andlau (Bas-Rhin). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 14, fasc. 2, pp. 39-56.

CONQUERE F. (1969) - Le massif granitique de Huelgoat (Nord-Finistère). *Mém. Mus. nation. Hist. nat., C, Fr.*, t. XXI, fasc. 1, 42 p.

DEBON F. (1973) - Carte géologique à 1/50 000 des massifs granitiques de Cauterets et Panticosa, et notice explicative. Publ. B.R.G.M., 46 p., 1 carte couleurs.

DIDIER J. (1962) - Températures de formation de certains granites du Massif central français, d'après l'étude de leurs enclaves d'origine étrangère. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 255, pp. 2149-2151.

DIDIER J. (1964) - Etude pétrographique des enclaves de quelques granites du Massif central français. *Ann. Fac. Sci. Clermont*, n° 23, Géol. Min., fasc. 7, 254 p.

DIDIER J. (1964-b) - Les enclaves des granites dans la littérature géologique. *Bull. B.R.G.M., Fr.*, 1ère sér., n° 3, pp. 31-48.

DIDIER J. (1973) - Granites and their enclaves. Developments in Petrology, 3, Elsevier, 393 p.

DIDIER J., GIRET A. (1972) - Origine et rapports mutuels du granite de Rostrenen et de la granodiorite de Plelauff (Massif armoricain). *C.R. Soc. geol. Fr.*, pp. 143-145.

DIDIER J., LAMEYRE J. (1969-a) - Association de granite et de diorite quartzique au Peyron, près de Burzet (Ardèche, Massif central français). *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, 268, pp. 1368-1371.

DIDIER J., LAMEYRE J. (1969-b) - Interprétation du gisement et des enclaves des roches granitiques dans le Massif central français. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, 268, pp. 1468-1469.

DIDIER J., LAMEYRE J. (1969-c) - Les granites du Massif central français : étude comparée des leucogranites et granodiorites. *Contrib. Miner. Petrol., Beitr. Miner. Petrol., Dtsch*, 24, pp. 219-238.

DIDIER J., LAMEYRE J. (1972) - Répartition géologique et signification des granites rouges. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 274., pp. 1135-1138.

DIDIER J., ROQUES M. (1960) - Nature des enclaves dans les différents types de granites du Massif central français. 21e Congrès géol. int., Copenhague, 14, pp. 194-206.

DIETRICH R.V. (1960) - Genesis of ptygmatic features - 21e Congrès geol. int., Copenhague, 14, pp. 138-148.

DUBOIS R. (1967) - L'orientation des micas dans les schistes cristallins de l'auréole du massif granitique de la Sila. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), IX, pp. 246-254.

ELDER J.W. (1970) - Quantitative laboratory studies of dynamical models of igneous intrusions in : Mechanism of igneous intrusion ; *Geol. J., G.B.*, Spec. Issue 2, pp. 245-260.

ELDERS W.A. (1968) - Mantled feldspars from the granites of Wisconsin. *J. Geol., U.S.A.*, 76, pp. 37-49.

ELLER J.P. Von (1960) - Développement subvolcanique et volcanique d'un granite hercynien des Vosges septentrionales : le granite du Kagenfels. *Rev. Géogr. phys. Géol. Dynam.*, nelle sér., 3, pp. 101-107.

EMELEUS C.H. (1963) - Structural and petrographic observations on layered granites from Southern Greenland. *Miner. Soc. Amer.*, Special paper 1, p. 22-30.

FAURE G., POWELL J.L. (1972) - Strontium isotopic geology (Minerals, Rocks and inorganic materials, vol. 5), Subseries Isotopes in Geology. Springer Verlag Ed., 188 p.

FERNANDEZ A., SABOURDY G. (1969) - Contribution à l'étude géochimique des mégacristaux de feldspath potassique dans les granites porphyroïdes. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 269, pp. 7066-7069.

FOSTER M.D. (1960) - Interpretation of the composition of trioctahedral micas. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 354-B, 49 p.

FOURMARIER P. (1959) - Le granite et les déformations mineures des roches (schistosité, microplissement, etc.). *Rev. Acad. royale Belg.*, t. XXXI, n°3, 101 p.

FOURMARIER P., PAREYN Cl., DORE F. (1962) - Observations complémentaires au sujet de l'influence du granite sur les déformations mineures des roches dans le Massif Armoricain. *Mém. Acad. royale Belg.*, cl. Sciences, t. XXXIII, n°4, 66 p.

FOURMARIER P., RUHLAND M. (1964) - Le granite et les déformations mineures des roches dans les Vosges hercyniennes. *Mém. Acad. royale Belg., cl. Sciences*, t. XXXIV, n°7, 41 p.

FOURNIER R.B. (1968) - Mechanisms of formation of alaskite, aplite and pegmatite in a dike swarm, Yosemite National Park, California. *Mem. geol. Soc. Amer.*, 116, pp. 249-274.

FYFE W.S. (1970) - Some thoughts on granitic magmas in : Mechanism of igneous intrusion ; *Geol. J., G.B.*, Spec. Issue 2, pp. 201-216.

GAGNY C. (1968) - Pétrogenèse du Granite des Crêtes, Vosges méridionales, France. Thèse Fac. Sci Nancy, 546 p.

GINDY A.R. (1956) - Biotite schlieren in some intrusive granites from Egypt and Donegal. *Bull. Inst. Desert. Egypt*, 6, n°1, pp. 143-156.

GOGUEL J. (1969) - Le rôle de l'eau et de la chaleur dans les phénomènes tectoniques. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam., Fr.*, XI, n°2, pp. 153-164.

GREEN T.H., RINGWOOD A.E. (1968) - Genesis of the calc-alkaline igneous rock suite. *Contrib. Miner. Petrol., Beitr. Miner. Petrol., Dtsch*, 18, n° 2, pp. 105-162.

GUITARD G. (1965) - Associations minérales, subfaciès et types de métamorphisme dans les micaschistes et les gneiss pélitiques du massif du Canigou (Pyrénées-Orientales). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. VII, pp. 356-382.

GUITARD G. (1969) - Mise en évidence de la réaction grenat + muscovite = andalousite + biotite + quartz dans les micaschistes mésozonaux des massifs du Canigou et du Roc de France (Pyrénées orientales) ; relations entre l'andalousite, la staurotide et le grenat. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, 269, pp. 1159-1162.

GUITARD G. (1970) - Le métamorphisme hercynien mésozonal et les gneiss oeillés du massif du Canigou (Pyrénées orientales) - Thèse Doct. 1965 et *Mém. B.R.G.M., Fr.*, n° 63, 317 p.

HALL A. (1966) - A petrogenetic study of the Rosses granite complex, Donegal. *J. Petrol., G.B.*, 7, n° 2, pp. 202-220.

HALL A. (1972) - New data on the composition of Caledonian granites. *Mineral. Mag., G.B.*, 38, pp. 847-862.

HAMEURT J. (1968) - Les terrains cristallins et cristallophylliens du versant occidental des Vosges moyennes. Etude géologique et pétrographique. Thèse Univ. Nancy, 2 vol.

HARRIS P.G., KENNEDY W.Q., SCARFE C.M. (1970) - Volcanism versus plutonism. The effect of chemical composition in : Mechanism of igneous intrusion ; *Geol. J., G.B.*, Spec. Issue 2, pp. 187-200.

HARRY W.T., EMELEUS C.H. (1960) - Mineral layering in some granite intrusions of SW Greenland. XXIe Congrès géol. int., Copenhague, XIV, p. 172.

HARRY W.T., PULVERTAFT T.C.R. (1963) - The Nunarssuit Intrusive Complex, South Greenland. *Medd. om Grønland*, 169, n° 1, 136 p.

HIETANEN A. (1973) - Origin of andesitic and granitic magmas in the northern Sierra Nevada, California. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 84, pp. 2111-2118.

HOSCHEK G. (1969) - The stability of staurolite and chloritoïd and their significance in metamorphism of pelitic rocks. *Contrib. Miner. Petrol., Beitr. Miner. Petrol., Dtsch*, 22, pp. 208-232.

HUGHES C.J. (1971) - Anatomy of a granophyre intrusion. *Lithos, Norge*, 4, pp. 403-415.

HURLEY P.M., BATEMAN P.C., FAIRBAIRN H.W., PINSON Jr. W.H. (1965) - Investigation of initial Sr^{87}/Sr^{86} ratios in the Sierra Nevada plutonic province. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 76, pp. 165-174.

HUTCHINSON R.M. (1956) - Structure and petrology of Enchanted Rock Batholith, Llano and Gillespie Counties, Texas. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 67, pp. 763-806.

JAHNS R.H., BURNHAM C.W. (1960) - Experimental studies of pegmatite genesic : I. A model for the derivation and crystallization of granitic pegmatites. *Econ. Geol. U.S.A.*, 64, pp. 843-864.

JUNG J., BROUSSE R. (1958) - Précisions nouvelles sur la constitution et sur l'origine des associations volcaniques. *Bull. Soc. fr. Mineral. Cristallogr.*, 81, pp. 133-141.

JUNG J., BROUSSE R. (1959) - Classification modale des roches éruptives. Masson et Cie Ed., Paris, 122 p.

KARNER F.R. (1968) - Compositional variation in the Tunk Lake granite pluton, Southeastern Maine. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 79, pp. 193-222.

KARNER F.R., BERTRAM R.E. (1972) - Model variation in granitic units of the White Mountain plutonic volcanic series, New Hampshire - 24e Congrès géol. int., Montréal, 2, pp. 164-170.

KENNEDY G.C. (1955) - Some aspects of the role of water in rock melts. *Geol. Soc. Amer.*, Spec. Paper 62, pp. 489-504.

KESLER S.E., HEATH S.A. (1968) - The effect of dissolved volatiles on magmatic heat sources at intrusive contacts. *Amer. J. Sci.*, 266, pp. 824-839.

KHITAROV N.I., NAGAPETYAN L.B., LEBEDEV Y.B. (1969) - An experimental study of the cristallisation of acid melts. *Geochem. Int.*, 2, pp. 237-250.

KISTLER R.W., EVERNDEN J.F., SHAW H.R. (1971) - Sierra Nevada plutonic cycle : part I, origin of composite granitic batholiths. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 82, pp. 853-868.

KNOPF A. (1964) - Time required to emplace the Boulder bathylith, Montana : a first approximation. *Amer. J. Sci.*, 262, pp. 1207-1211.

LACY E.D. (1960) - Melts of granitic composition, their structure, properties and behaviour. XXIe Congrès géol. int., Copenhague, 14, pp. 7-15.

LAFFONT D. (1971) - Le massif granitique de Quérigut-Millas entre Roquefort-de-Sault et Mosset. Pétrologie et structure. Thèse 3e cycle, Univ. Paul Sabatier Toulouse, 138 p.

LAMEYRE J. (1966) - Leucogranites et muscovitisation dans le Massif central français. *Thèse, Ann. Fac. Sci. Clermont.*, 264 p.

LA ROCHE H. de (1964) - Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines. *Sci. Terre, Fr.*, t. IX, 1962-1963, n° 3, pp. 293-337.

LAY C. (1969) - Le dosage de l'argon radiogénique contenu dans les minéraux et son application à la géochronologie - *Bull. B.R.G.M.*, (2), sect. IV, n° 3, pp. 2-29.

LETERRIER J. (1972) - Etude pétrographique et géochimique du massif granitique de Quérigut (Ariège) - Thèse doct. Univ. Nancy, 292 p.

LEUTWEIN F. (1965) - Les caractéristiques géochimiques de l'évolution des gisements d'étain et de wolfram de l'Erzgebirge. *Sci. Terre, Fr.*, 10, n° 1, pp. 35-78.

MACAUDIERE J. (1964) - Comportement de la sillimanite et de l'andalousite dans quelques roches pyrénéennes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), VI, pp. 437-441.

Mc CONNELL R.B. (1969) - The association of granites with zones of stress and shearing. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 80, n° 1, pp. 115-120.

MARMO V. (1967) - On granites : a revised study. *Bull. Comm. geol. Finland*, 227, pp. 1-83.

MARMO V. (1971) - Granite petrology and the granite problem Developments in Petrology, vol. 2, Elsevier Ed., 244 p.

MARRE J. (1970) - Relations texturales et structurales entre les principaux types de roches dans le massif de Quérigut (Ariège). *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 271, pp. 1661-1664.

MARTIN N.R. (1952) - The structure of the granite massif of Flamanville, Manche, North West France. *Quart. J. Geol. Soc. London*, vol. 108, part. 4, pp. 311-337.

MARTIN R.F., PIWINSKII A.J. (1972) - Magmatism and tectonic settings. *J. Geophys. Res., U.S.A.*, 77, pp. 4966-4975.

MAYO E.B. (1941) - Deformation in the interval Mt Lyell - Mt Whitney, California. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 52, pp. 1001-1084.

MEHNERT K.R. (1968) - Migmatites and the origin of granitic rocks. Amsterdam, Elsevier Ed, 193 p.

MERCY E.L.P. (1965) - Caledonian igneous activity. in : The geology of Scotland, Oliver and Boyd., pp. 229-267.

MICHARD A. (1968) - La zone à staurotide et disthène des Rehamna (Maroc hercynien) : une échine thermique tardi-tectonique. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 266, pp. 1813-1816.

MURSKY G. (1972) - Origin and significance of zonation in a granite intrusion - 24e Congrès geol. int., Montreal, 2, pp. 181-190.

NOCKOLDS S. (1947) - The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. *Amer. J. Sci.*, 245, pp. 401-420.

OEN I.S. (1960) - The intrusion mechanism of the late hercynian post-tectonic granite plutons of Northern Portugal. *Geol. en Mijnbouw, Nederl.*, 22, pp. 257-296.

OEN I.S. (1965) - Sheeting and exfoliation in the granites of Sermersôq, South Greenland - *Medd. om Grønland*, 179, n° 6, 40 p.

OEN I.S. (1970) - Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal.
Bol. Geol. Miner., Esp., t. LXXXI-II-III, 271-298, pp. 157-184.

OROWAN (1960) - Mechanism of seismic faulting
in : "Rock Deformation", Griggs § Handin Ed.. *Mém. géol. Soc. Amer.*, n° 79, pp. 323-345.

PAVILLON M.J., ROUTHIER P. (1962) - Prélude à une typologie des massifs granitiques. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), IV, pp. 888-897.

PECHER A. (1971) - Données nouvelles sur les granites paléozoïques du massif des Ecrins-Pelvoux, Alpes du Dauphiné, France.
Géol. alp., Fr., 47, pp. 91-102.

PETERMAN Z.E., HEDGE C.E., COLEMAN R.G., SNAVELY P.D. (1967) - $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios in some eugeosynclinal sedimentary rocks and their bearing on the origin of granitic magma in orogenic belts.
Earth Planet. Sci. Letters, 2, n° 5, pp. 433-439.

PITCHER W.S. (1953) - The Rosses granitic ring complex, county Donegal, Eire. *Proc. Geol. Ass.* (Colchester), vol. 64, pp. 153-182.

PITCHER W.S. (1970) - Ghost stratigraphy in intrusive granites : a review. In : Mechanism of igneous intrusion ; *Geol. J., G.B.*, Spec. Issue 2, pp. 123-140.

PITCHER W.S. (1972) - The coastal batholith of Peru : some structural aspects - 24e Congrès geol. intern., Montreal, 2, pp. 156-163.

PITCHER W.S., BERGER A.R. (1972) - The geology of Donegal - Wiley-Interscience Ed., New-York, 435 p.

PITCHER W.S., READ H.H. (1963) - Contact metamorphism in relation to manner of emplacement of the granites of Donegal, Ireland.
J. Geol., U.S.A., vol. 71, n° 3, pp. 261-296.

PIWINSKII A.J., WYLLIE P.J. (1968) - Experimental studies of igneous rock series : a zonal pluton in the Wallowa batholith, Oregon.
J. geol., U.S.A., 76, pp. 205-234.

PLATEN H. von (1965) - Kristallisation granitischer schmelzen. *Beitr. Min. Petr., Dtsch*, 11, pp. 334-381.

PONS J. (1971) - Pétrofabrique et structures dans le massif de Quérigut. Thèse doct. 3e cycle, Univ. Paul Sabatier Toulouse, 228 p.

POTY B. (1969) - La croissance des cristaux de quartz dans les filons sur l'exemple du filon de La Gardette (Bourg d'Oisans) et des filons du massif du mont-Blanc.
Thèse Nancy 1967 ; paru in : *Mem. Sci. Terre, Fr.*, 17, 162 p.

QUIN J.P. (1969) - Les granites alcalins et hyper-alcalins du Nord-Ouest de la Corse.
Thèse, Univ. Marseille-St-Jérôme, 2 vol., 540 p.

RAGLAND P.C., BILLINGS G.K., ADAMS J.A.S. (1967) - Chemical fractionation and its relationship to the distribution of thorium and uranium in a zoned granite batholith - *Geochim. Cosmochim. Acta, G.B.*, 31, n° 1, pp. 17-33.

RAGLAND P.C., BILLINGS G.K., ADAMS J.A.S. (1968) - Magmatic differenciation and autometasomatism in a zoned granitic batholith from Central Texas, U.S.A. *Internat. Ser. Monogr. Earth Sci., G.B.*, 30, pp. 795-823.

RAGUIN E. (1970) - Pétrographie des roches plutoniques dans leur cadre géologique. Masson éd., Paris, 239 p.

RAMBERG H. (1970) - Model studies in relation to intrusion of plutonic bodies. in : Mechanism of igneous intrusion ; *Geol. J., G.B.*, Spec. Issue 2, pp. 261-286.

RAMSAY J.G. (1967) - Folding and fracturing of rocks. Mc Graw Hill éd., New-York, 568 p.

REVERDATTO V.V., SHARAPOV V.N., MELAMED V.G. (1970) - The controls and selected peculiarities of the origin of contact metamorphic zonation. *Contr. Min. Petr., Beitr. Min. Petr., Dtsch*, 29, pp. 310-337.

REYNOLDS D. (1954) - Fluidization as a geological process, and its bearing on the problem of intrusive granites. *Amer. J. Sci.*, 252, pp. 577-614.

RICHARDSON S.W. (1968) - Staurolite stability in a part of the system Fe-Al-Si-O-H. *J. Petrol., G.B.*, 9, pp. 467-488.

ROBINSON G.D., KLEPPER M.R., OBRADOVICH J.D. (1970) - Overlapping plutonism, volcanism and tectonism in the Boulder Batholith region, Western Montana. *Mem. geol. Soc. Amer.*, 116, pp. 557-576.

ROUBAULT M., de la ROCHE H., GOVINDARAJU K. (1964) - L'analyse des roches silicatées par spectrométrie photo-électrique au quantomètre A.R.L. et son contrôle par des roches étalons. *Sci. Terre, Fr.*, t. IX, n° 4, pp. 339-371.

ROUTHIER P. (1969) - Essai critique sur les méthodes de la géologie (de l'objet à la genèse). Masson éd., Paris, 204 p.

SAVOLAHTI A. (1962) - The Rapakiwi problem and the rules of idiomorphism in minerals - *C.R. Soc. geol. Finl.*, 34, pp. 33-111.

SCHERMERHORN L.J.G. (1956) - Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro-Daire-São Pedro do Sul-Sátao region (Northern Portugal). Communicaçoes des Servicios Geologicos de Portugal, XXXVII, 617 p.

SCHERMERHORN L.J.G. (1960) - Telescoping of mineral facies in granites. *Bull. Comm. Geol. Finl.*, 188, pp. 121-132.

SEDERHOLM J.J. (1916) - On synantetic minerals and related phenomena, *Bull. Comm. geol. Finl.*, 48, 148 p.

SHAND S.J. (1949) - Eruptive rocks. John Wiley and sons Ed., New-York, 488 p.

SHAW H.R. (1965) - Comments on viscosity, crystal settling and convection in granitic magmas. *Amer. J. Sci.*, 263, pp. 120-152.

SHELLEY D. (1964) - On myrmekite - *Amer. Min., U.S.A.*, 49, pp. 41-52.

SHERLOCK D.G., HAMILTON W. (1958) - Geology of the north half of the Mt. Abbot quadrangle, Sierra Nevada, California. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 69, pp. 1245-1268.

SITTER L.U. de (1956) - Structural geology. Mc Graw Hill, London, 552 p.

SOBOLEV V.S., BAKUMENKO I.T., DOBRETSOV N.L., SOBOLEV N.V., KHLESTOV V.V. (1971) - The physicochemical conditions of petrogenesis at depth. *Internat. geol. Rev.*, 13, n° 3, pp. 393-402.

STEWART D.B. (1959) - Rapakiwi granite from Eastern Penobscot Bay, Maine. XXe Congrès Geol. Intern., Mexico, 1956, XI-A, pp. 293-320.

STRECKEISEN A.L. (1967) - Classification and nomenclature of igneous rocks. *N. Jb. Miner. Abh, Dtsch.*, 107, pp. 144-240.

SUTTON J. (1965) - Some recent advances in our understanding of the controls of metamorphism. in : Pitcher and Flinn, Controls of Metamorphism, Oliver and Boyd Ed., pp. 22-45.

SUTTON J., WATSON J. (1959) - Structures in the Caledonides between Loch Duich and Glenelg, North West Highlands. *Quart. J. geol. Soc. London*, 114, pp. 231-257.

SVIRIDENKO L.P. (1968) - Petrology of rapakivi granites in Salmi massif. *Internat. Geol. Rev.*, 10 n° 5, pp. 507-519 ; trad. *Isvest. Akad. Nauk. SSSR.*, 1967, n° 2, pp. 40-55.

TAUBENECK W.H. (1967) - Petrology of Cornucopia tonalite unit, Cornucopia stock, Wallowa Mountains, Northeastern Oregon. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 91*, 56 p.

THORNTON C.P., TUTTLE O.F. (1960) - Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation index. *Amer. J. Sci.*, 258, pp. 664-684.

TUTTLE O.F., BOWEN N. (1958) - Origin of granite in the light of experimental studies in the system Na Al Si_3O_8 - K Al Si_3O_8 - H_2O - SiO_2. *Mém. geol. Soc. Amer.*, n° 74, 153 p.

UPTON B.G.J. (1961) - Textural features of some contrasted igneous cumulates from South Greenland. *Medd. om Grønland*, 123, n° 6, pp. 1-31.

VANCE J.A. (1961) - Zoned granitic intrusions - an alternative hypothesis of origin. *Bull. geol. Soc. Amer.*, v. 72, pp. 1723-1728.

VANCE J.A. (1962) - Zoning in igneous plagioclase : normal and oscillatory zoning. *Amer. J. Sci.*, 260, pp. 746-760.

VANCE J.A. (1965) - Zoning in igneous plagioclase - Patchy zoning. *J. geol. U.S.A.*, 73, n° 4, pp. 636-651.

VANCE J.A. (1969) - On synneusis. *Contr. Min. Petr., Beitr. Min. Petrol., Dtsch.*, 24, pp. 7-29.

VOGT J.H.L. (1921) - The physical chemistry of the crystallization and magmatic differenciation of igneous rocks (I). *J. geol. U.S.A.*, 29, pp. 318-350.

VORMA A. (1971) - Alkali feldspars in the Wiborg rapakivi massif in Southeastern Finland. *Bull. Comm. Geol. Finl.*, 246, 72 p.

VORMA A. (1972) - On the contact aureole of the Wiborg rapakivi granite massif in southeastern Finland. *Geol. Surv. Finl., Bull.*, 255, pp. 1-28.

WAGER L.R., BROWN G.M. (1967) - Layered igneous rocks. Oliver and Boyd éd.

WALKER G.P.L. (1969) - The breaking of magma. *Geol. Mag., G.B.*, vol. 106, pp. 166-173.

WALKER G.P.L., LEEDAL G.P. (1954) - The Barnesmore granite complex, C° Donegal. *Royal Soc. Dublin Sci. Proc.*, 26 (NS), pp. 207-243.

WALTON M. (1955) - The emplacement of granite - *Amer. J. Sci.*, 253, pp. 1-18.

WATERS A.C., KRAUSKOPF K. (1941) - Protoclastic border of the Colville batholith. *Bull. geol. Soc. Amer.*, vol. 52, pp. 1355-1418.

WEISBROD A. (1970) - Pétrologie du socle métamorphique des Cévennes médianes (Massif central français). Thèse Univ. Nancy, 4 vol.

WIEBE R.A. (1968) - Plagioclase stratigraphy : a record of magmatic conditions and events in a granite stock - *Amer. J. Sci.*, 266, n° 8, pp. 690-703.

WINCHELL A.N., WINCHELL H. (1959) - Elements of optical mineralogy Part II : description of minerals. John Wiley Ed., New-York, 1ère ed. 1927.

WRIGHT A.E., BOWES D.R. (1968) - Formation of explosion breccias. *Bull. volcanol., Ital.*, 32, pp. 15-32.

WYART J. (1955) - Cristallisation, par voie hydrothermale, d'un verre naturel et origine du granite.
in : Les échanges de matière au cours de la genèse des roches grenues et basiques. (68e coll. intern. C.N.R.S.)
Sci. Terre, fr., h. sér., pp. 177-187.

WYLLIE P.J., TUTTLE O.F. (1961) - Experimental investigation of silicate systems containing two volatile components. Part II. The effects of NH_3 and HF, in addition to H_2O, on the melting temperatures of albite and granite. *Amer. J. Sci.*, 259, pp. 128-143.

YOUNG D.A. (1972) - A quartz syenite intrusion in the New Jersey highlands. *J. Petrol., G.B.*, 13, pp. 511-528.

ZWART H.J. (1960) - Relations between folding and metamorphism in the Central Pyrenees, and their chronological succession. *Geol. en Mijnbouw, Nederl.*, 22, pp. 163-180.

ZWART H.J. (1962) - On the determination of polymetamorphic mineral associations, and its application to the Bosost area (Central Pyrenees).
Geol. Rundsch., Dtschl., 52, pp. 38-65.

BIBLIOGRAPHIE (2)

REFERENCES CONCERNANT LE SAHARA ET LA PROVINCE NIGERIENNE DES "GRANITES ULTIMES" ("YOUNGER GRANITES")

N.B. : Cette liste ne comporte pas les rapports inédits du B.R.M.A. et du B.R.G.M., qui sont regroupés à part.

ALLEGRE C.J., CABY R. (1972) - Chronologie absolue du Précambrien de l'Ahaggar occidental - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 274, pp. 2095-2098.

ARENE J. (1968) - Stratigraphie et évolution structurale du Précambrien dans la région de l'Adrar Ahnet (Sahara central) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 266, pp. 868-870.

BERTRAND J.M.L. (1967) - Existence de plissements superposés dans le Précambrien de l'Aleksod (Ahaggar oriental) - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), IX, pp. 741-749.

BERTRAND J.M.L., BOISSONNAS J., CABY R., GRAVELLE M., LELUBRE M. (1966) - Existence d'une discordance dans l'Antécambrien du "fossé pharusien" de l'Ahaggar occidental (Sahara central) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 262, pp. 2197-2200.

BERTRAND J.M.L., BOISSONNAS J. (1970) - Schéma stratigraphique et structural du Pharusien aux environs d'I-m-Meseknane et de Tinnirt (Sahara central, Algérie) - *C.R. Soc. géol. Fr.*, pp. 13-14.

BERTRAND J.M., CANTAGREL J.M., LASSERRE M. (1972) - Age K/Ar mesuré sur des amphiboles dans le Précambrien de l'Aleksod (Ahaggar centre-oriental, Sahara algérien) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 274, pp. 1881-1884.

BESSET Lt. (1904) - D'In Salah à Amguid : le raccordement d'In Salah à l'itinéraire de la Mission Flatters (Rapport du Lieut. BESSET) - *Bull. Com. Afr. fr.*, "Rens. col. n° 1", pp. 1-14.

BEUF S., BIJU-DUVAL B., CHARPAL de O., GARIEL O. ; BENNACEF A., BLACK R., ARENE J., BOISSONNAS J., CACHAU F., GUERANGE B., GRAVELLE M. (1968) - Une conséquence directe de la structure du bouclier africain : l'ébauche des bassins de l'Ahnet et du Mouydir au Paléozoïque inférieur. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, nelle série, n° 38, pp. 105-133.

BEUF S., BIJU-DUVAL B., CHARPAL de O., ROGNON P., GARIEL O., BENNACEF A. (1971) - Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara (Sédimentations et discontinuités. Evolution structurale d'un craton) Technip éd., Paris, 480 p.

BIROT P., DRESCH J. (1955) - Une faille du Quaternaire récent dans la plaine d'Amguid (Hoggar septentrional)- *C.R. Soc. geol. Fr.*, pp. 210-211.

BLACK R. (1966) - Sur l'existence d'une orogénie riphéenne en Afrique occidentale - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 262, pp. 1046-1049.

BLACK R. (1967) - Sur l'ordonnance des chaînes métamorphiques en Afrique occidentale - *Chron. Mines Rech. Min. Fr.*, n° 364, pp. 225-238.

BLACK R., GIROD M. (1970) - Late Palaeozoic to recent igneous activity in West Africa and its relationship to basement structure. African magmatism and tectonics, ed. Clifford & Gass, Oliver and Boyd, pp. 185-210.

BLACK R., JAUJOU M., PELLATON C. (1967) - Notice explicative sur la carte géologique à 1'échelle du 1/500 000 de 1'Air (République du Niger). Publ. B.R.G.M., 57 p.

BLAISE J. (1955) - Missions géologiques dans 1'Ahaggar oriental - *Bull. sci. écon. B.R.M.A., Algérie*, n°3, pp. 129-140.

BLAISE J. (1967) - Le Précambrien du Tazat. Sa place dans les structures du Hoggar oriental - Publ. Centre Rech. Zones arides, C.N.R.S., sér. géol. n° 7, 197 p.

BOISSONNAS J. (1959) - Observations sur le massif granitique du Tioueiine (Hoggar occidental) - *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 25, pp. 9-18.

BOISSONNAS J. (1959-b) - Stades successifs de la formation du massif de granite intrusif d'In-Tounine (Hoggar central) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 248, pp. 432-433.

BOISSONNAS J. (1960) - Sur les structures concentriques des granites jeunes traversant le Pharusien du Hoggar (Sahara central) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 250, pp. 4016-4017.

BOISSONNAS J. (1962) - Contribution à l'étude du granite d'In-Tounine (Hoggar central). Thèse 3ème cycle Fac. Sc. Paris, 1958. Paru in : *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 30, p. 9-95.

BOISSONNAS J. (1962) - Données supplémentaires sur le massif granitique de Tioueiine (Hoggar occidental) - *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n° 30, pp. 97-106.

BOISSONNAS J. (1963) - Les faciès fins précoces des granites de l'Ahaggar (Sahara central) - 88ème Congr. Soc. Savantes, Clermont-Ferrand, II, pp. 29-33.

BOISSONNAS J. (1963) - Les structures annulaires des granites des "Taourirts" en Ahaggar occidental (Sahara) - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), V, pp. 695-700.

BOISSONNAS J. (1969) - Nouvelles précisions sur les granites post-tectoniques de la région de Tamanrasset (Sahara central, Algérie) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, ser. D, t. 268, pp. 1909-1911.

BOISSONNAS J., BORSI S., FERRARA G., FABRE J., FABRIES J., GRAVELLE M. (1969) - On the early Cambrian age of two late-orogenic granites from west-central Ahaggar (Algerian Sahara) - *Canad. J. Earth. Sci.*, 6, n° 1, pp. 25-37.

BOISSONNAS J., DUPLAN L., MAISONNEUVE J., VACHETTE M., VIALETTE Y. (1964) - Etude géologique et géochronologique de roches du compartiment suggarien du Hoggar central, Algérie - *Ann. Fac. Sci. Clermont*, n° 25, Géol. Min., fasc. 8, pp. 73-90.

BOISSONNAS J., GRAVELLE M. (1961) - Un massif granitique de l'Ahaggar à mode de gisement hybride : le Tihoiiarène - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), III, pp. 152-155.

BOISSONNAS J., LEUTWEIN F., SONET J. (1970) - Age du granite hyperalcalin de la Gara Adjemamaye (Ahaggar du Sud-Est, Sahara algérien) - *C.R. Soc. géol. Fr.*, pp. 251-253.

BONNICI J.P., DOUCET S., GONI J., PICOT P. (1964) - Etude géochimique et minéralogique sur la dégradation de la cassitérite. Evolution du gel qui en dérive (Varlamoffite) - *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, t. LXXXVII, pp. 355-364.

BORDET P. (1952) - Les appareils volcaniques récents de l'Ahaggar. 19ème Congrès géol. int., Alger 1952, Monogr. rég., Série 1, n° 11, 63 p.

BOURCART J. (1923) - Un voyage au Sahara - Note préliminaire sur les résultats géologiques de la mission O.Olufsen au Sahara - *Bull. Com. Afr. fr.*, "Rens. col.", pp. 385-408 et 442-459.

BOURCART J., DENAEYER M.E. (1928) - Sur les caractères lithologiques du Massif central Saharien (Mission Jacques Bourcart, 1922-23) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 186, pp. 156-157.

BOUVET M., REBOUL C. (1961) - Un massif granitique à structures concentriques : le Tisselliline - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), III, pp. 171-173.

BROWN G.C., BOWDEN P. (1973) - Experimental studies concerning the genesis of the Nigerian Younger granites. *Contr. Min. Petr. Beitr. Min. Petr., Dtsch*, 40, pp. 131-139

BUTLER H. (1922) - Contribution à la géologie de l'Ahaggar (Sahara central) - C.R. XIIIe Congrès géol. int., Bruxelles, 1922 publ. 1925, fasc. 2, pp. 819-848.

BUTLER H. (1924) - Dans les montagnes de l'Ahaggar (Sahara central) - *Echo des Alpes, Genève*, n° 2, pp. 49-78.

BYRAMJEE R. (1958) - Sur le complexe éruptif de Denat, Adrar des Iforas (Sahara méridional) - *C.R. Soc. géol. Fr.*, n° 11, pp. 233-235.

BYRAMJEE R. (1961) - Les problèmes-clefs sur la structure et la genèse des roches vertes en Ahaggar - *Bull. B.R.G.M., Fr.*, 1ère sér., n° 1, pp. 3-9.

CABY R. (1967) - Existence du Cambrien à faciès continental ("Série pourprée", "Nigritien") et importance du volcanisme et du magmatisme de cet âge au Sahara central (Algérie), *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D, t. 264, pp. 1386-1389.

CABY R. (1968) - Une zone de décrochements à l'échelle de l'Afrique dans le Précambrien de l'Ahaggar occidental - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), X, pp. 577-587.

CABY R. (1970) - La chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara central, Algérie) ; sa place dans l'orogenèse du Précambrien supérieur en Afrique. Thèse Doct. Univ. Montpellier, 336 pages.

CABY R. et LEBLANC M. (1973) - Les ophiolites précambriennes sur les bords E et N du craton ouest africain. Résumé in : Réunion annuelle Sc. Terre, Paris, p. 112 (Dépôt à la Soc. géol. Fr.).

CHOUBERT G., FAURE-MURET A., CHARLOT R. (1968) - Le problème du Cambrien en Afrique Nord-occidentale, *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam*, (2), X, pp. 289-310.

CHUDEAU R. (1909) - Missions au Sahara, t. II : Sahara soudanais - Paris, 326 p.

CHUDEAU R. (1925) - Rapport géologique et hydrologique - In : Mission du Transafricain (Rapports du Capitaine Cortier et de M. Chudeau), Paris, pp. 31-130.

CLAUGE L. (1969) - Etude des biotites de quelques granites du massif de la Tefedest (Hoggar, Algérie) - Thèse 3ème cycle Fac. Sci. Clermont, 54 p.

CONRAD G. (1969) - L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien (Saoura, Erg Chech-Tanezrouft, Ahnet-Mouydir) Publ. Centre Rech. Zones arides, C.N.R.S., Paris, Sér. Géol. n° 10, 527 p.

COULOMB R. (1958) - Radioactivité du batholite d'Elbema (Hoggar) - Corrélations statistiques entre les rayonnements et la composition chimique des granites - *Bull. Soc. fr. Minér. Cristallog., t. LXXXI*, n° 7-9, pp. 227-231.

COULOMB R. (1959) - Contribution à la géochimie de l'uranium dans les granites intrusifs. Rapp. CEA n° 1173, Saclay.

DENAEYER M.E. (1923) - Compléments à la lithologie du Sahara Central - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), 23, pp. 295-303.

DENAEYER M.E. (1927) - Les caractères chimiques des roches éruptives de l'Ahaggar (Sahara Central), note préliminaire - *Bull. Soc. belge Géol.*, (37), pp. 117-118.

DESCHAMPS M. (1973) - Etude géologique de la série de l'Arechchoum dans la région de Tamanrasset (Hoggar, Sahara central). Thèse 3ème cycle - Univ. Nancy, 139 p.

DINAUX Cap. (1908) - Une mission dans l'Adrar du Niger (8 mars - 25 juillet 1907, Rapport de tournée du Cap. DINAUX) - *Bull. Com. Afr. Fr.*, Rens. col. n°3, pp. 76-85.

DUPLAN L. (1957) - Les granites de l'Eg'éré (Hoggar), *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 245, n° 1, pp. 98-101.

EBERHARDT P., FERRARA G., GLANGEAUD L., GRAVELLE M., TONGIORGI R. (1963) - Sur l'âge absolu des séries métamorphiques de l'Ahaggar occidental dans la région de Silet-Tibehaouine (Sahara Central) - *C.R. Acad. Sci. Fr.*, t. 256, pp. 1126-1128.

FABRE J. (1971) - Structure de l'Algérie saharienne. Eléments pour une carte tectonique - *Bull Serv. géol. Algérie*, nelle sér. n° 41, pp. 161-185.

FABRIES J., ROCCI G. (1965) - Le massif granitique du Tarraouadji (République du Niger) - Etude et signification pétrogénétique des principaux minéraux - *Bull. Soc. fr. Minér. Cristallogr.*, t. 88, p. 319.

FABRIES J., ROCCI G. (1972) - Evolution cristallochimique des amphiboles dans la série granitique de Fort-Trinquet (Mauritanie) - *Contr. Min. Petr. Betr. Min. Petr.,Dtsch.*, 35, p. 215-225.

FAURE J. (1967) - Structure des schistes cristallins d'In Eker (Hoggar, Sahara central) - Rapports entre la schistosité et la stratification - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, sér. D., t. 264, pp. 1137-1140.

FAURE J. (1970) - Recherches sur les effets géologiques d'explosions nucléaires souterraines dans un massif de granite saharien - Thèse Doct. Fac. Sci. Nancy, 433 p.

FERRAGNE A. (1964) - La série de l'Arechchoum dans la région d'Amsel (Ahaggar central) - *Trav. Inst. Rech. Sahar., Algérie*, t. XXIII, 24 p.

FERRARA G., GRAVELLE M. (1966) - Radiometric ages from Western Ahaggar (Sahara) suggesting an eastern limit for the west african craton - *Earth Planet. Sci. Letters, Nederl.*, 1, pp. 319-324.

FLAMAND G.B.M. (1903) - Echantillons de roches recueillies par M. le Lieutenant Guillo-Lohan dans la région du Mouidir et du pays des Touaregs - *Bull. Com. Afr. fr.*, "Rens. col. 10" ; in : rapport Lieut. Guillo-Lohan., pp. 267-268.

FLAMAND G.B.M. (1911) - Recherches géologiques et géographiques sur le Haut-Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et Territoires du Sud) - Thèse Doct. Fac. Sci. Lyon, 1002 p.

GIROD M. (1971) - Le massif volcanique de l'Atakar (Hoggar, Sahara algérien). Etude pétrographique, structurale et volcanologique - Thèse Fac. Sci. Univ. Paris (1968), paru in : Publ. Centre Rech. Zones arides, C.N.R.S., Paris, série géologie n° 12, 158 p.

GRAVELLE M. (1960) - Exemple de relations entre granites et roches volcaniques ou hypovolcaniques acides dans le Précambrien de la région de Silet (Sahara central) - *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, 2, t. III, pp. 87-93.

GRAVELLE M. (1963) - Remarques préliminaires sur l'origine et l'histoire de quelques massifs dioritiques du Précambrien de l'Ahaggar occidental (Sahara central) - *C.R. Soc. géol. Fr.*, pp. 225-227.

GRAVELLE M. (1963) - Signification probable des enclaves de grandes dimensions dans une diorite précambrienne de la région de Silet (Ahaggar occidental, Sahara central) : la diorite quartzique à chlorite du confluent des oueds Amded et Timesselarsine - C.R. 88e Congrès Nat. Soc. Sav., Clermont-Ferrand, II, pp. 55-64.

GRAVELLE M. (1965) - Problèmes de la géologie de l'Antécambrien dans la région de Silet (Ahaggar occidental, Sahara central). *C.R. Soc. géol. Fr.*, pp. 232-234.

GRAVELLE M. (1966) - Sur quelques caractères du volcanisme précambrien dans la région de Silet (Ahaggar occidental, Sahara central) - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), VIII, pp. 218-222.

GRAVELLE M. (1969) - Les âges radiométriques au Rb/Sr et au K/Ar et leur signification géologique. Application des méthodes géochronologiques à l'étude structurale du socle cristallin de l'Ahaggar central et occidental - *Bull. Serv. géol. Algérie*, n° 39, pp. 217-242.

GRAVELLE M. (1969) - Recherches sur la géologie du socle précambrien de l'Ahaggar centro-occidental dans la région de Silet-Tibehaouine - Thèse Doct. Fac. Sci. Paris, 298 p. + annexes.

GROLIER J. (1961) - Sur le granite orbiculaire de Tisselliline (Hoggar, Sahara central) - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), III, pp. 174-181.

GUERANGE B., LASSERRE M. (1971) - Etude géochronologique du Hoggar oriental par la méthode au strontium - *C.R. Soc. géol. Fr.*, pp. 213-215.

GUERANGE B., LERIDON J. (1961) - Note sur les massifs de serpentinites du Pharusien de l'Ahaggar occidental (Parties centrale et septentrionale) - Description d'un massif basique complexe : Asseksem - *Bull. B.R.G.M., Fr.*, 1ère sér., n°1, pp. 25-38.

GUERANGE B., VIALON P. (1962) - Le Pharusien du Tafassasset moyen. Ses relations avec le Suggarien de la zone d'Issalane - *Trav. Inst. Rech. Sahar., Algérie*, n° 21, pp. 7-56.

GUILLO-LOHAN (1903) - Un contre-rezzou au Hoggar - *Bull. com. Afr. fr.*, Rens. col. n° 10, pp. 257-268.

ILLY P., LAUNEY P. (1955) - Le granite Taourirt d'In-Tounine et ses minéralisations - *Bull. Sci. écon. B.R.M.A., Algérie*, n° 3, pp. 109-127.

JACOBSON R.E., MAC LEOD W. N., BLACK R. (1958) - Ring complexes in the Younger Granite province of northern Nigeria - *Mem. geol. Soc. London*, n° 1, 72 p.

KARPOFF R. (1949) - Les granites du Sahara - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 228, pp. 585-587.

KARPOFF R. (1952) - Un itinéraire géologique dans le Sud de l'Ahaggar - *C.R. Soc. géol. Fr.*, n° 10, pp. 174-176.

KARPOFF R. (1960) - La géologie de l'Adrar des Iforas (Sahara central) Thèse fac. Sci. Univ. Paris, 1958 - Paru in : *Bull. Serv. géol. Prosp. Min. A.O.F.*, Dakar, n° 30, 276 p.

KARPOFF R. (1965) - Les grandes époques de fracture et de bombement au Sahara central - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t.VII, pp. 469-473.

LASSERRE M. (1966) - Confirmation de l'existence d'une série de granites tertiaires au Cameroun (Afrique équatoriale). *Bull. B.R.G.M., Fr.*, 1e sér., n° 3, pp. 141-148.

LASSERRE M., LAMEYRE J., BUFFIERE J.M. (1970) - Données géochronologiques sur l'axe précambrien Yetti-Eglab en Algérie et en Mauritanie du Nord - *Bull. B.R.G.M. (2)*, sect. IV, n° 2, pp. 5-13.

LAY C., LEDENT D. (1963) - Mesures d'âge absolu de minéraux et de roches du Hoggar (Sahara central) - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 257, pp. 3188-3191.

LAY C., LEDENT D., GRÖGLER N. (1965) - Mesures d'âges absolus de zircons du Hoggar (Sahara central) par la méthode uranium plomb - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 260, pp. 3113-3115.

LE FUR Y. (1966) - Nouvelles observations sur la structure de l'Antécambrien du Hoggar nord-occidental (région d'In-Hihaou) Thèse 3ème cycle, Nancy, 101 p.

LELUBRE M. (1952) - Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental - Thèse, Paris - *Bull. Serv. Carte géol. Alg.*, 2ème sér. n° 22.

LELUBRE M. (1952b) - Conditions structurales et formes de relief dans le Sahara - *Trav. Inst. Rech. Sahar., Algérie*, Tome VIII pp. 189-238.

LELUBRE M. (1961) - Problèmes de la géologie de l'antécambrien en Ahaggar (Sahara central) - *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), III, pp. 133-142.

LELUBRE M. (1969) - Chronologie du Précambrien au Sahara Central *Geol. Ass., Canada*, Spec. Paper, 5, pp. 27-32

MAISONNEUVE J. (1956) - Le batholite intrusif d'In-Akoulmou et les granites de la Tefedest (Hoggar septentrional) - *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, nelle sér., n° 8, travaux des collaborateurs 1955, pp. 117-127.

MAISONNEUVE J. (1970) - Description des faciès granitiques de la Tefedest méridionale (Hoggar - Algérie) - *Bull. B.R.G.M., Fr.*, 2ème sér., sect. IV, n° 1, pp. 15-42.

MERLET J. (1962) - Note relative aux phases sismiques observées entre 100 et 200 km dans le massif du Hoggar - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 255, pp. 3441-3443.

NIEGER J. (1924) - Mission du Transafricain - Rapport du Capitaine Nieger. Soc. Ed. Geogr., Mar et Coloniales, Paris, XII + 334 p.

PERRET R. (1952) - Le relief des granites de l'Ahaggar - *Bull. Ass. Geogr. Fr.*, n° 226-228, pp. 82-88.

PERRET R. (1953) - Morphologie de quelques îlots granitiques du Sahara français - *Bull. Soc. roy. geogr. Egypte*, n° 25, pp. 49-56.

PERRET R., LOMBARD A. (1932) - Itinéraire d'In Salah au Tahat à travers l'Ahaggar - *Ann. Geogr. Fr.*, XLI, pp. 379-398.

PICCIOTTO E., LEDENT D., LAY C. (1965) - Etude géochronologique de quelques roches du socle cristallophyllien du Hoggar (Sahara central) - *Sci. Terre, Fr., t.X*, n° 3-4, pp. 481-495.

PIERROT R., WALTER J. (1961) - Présence de chenevixite au Hoggar - *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, LXXXIV, p. 325.

RANOUX J. (1955) - Etude préliminaire du Pharusien de l'Afedafeda - *Bull. Sci. écon. B.R.M.A., Algérie*, n° 3, pp. 51-72.

RANOUX J. (1959) - Etude du Pharusien du Hoggar entre Silet et le Tesnou - *Bull. sci. écon. B.R.M.A., Algérie*, n° 6, pp. 89-102.

REBOUL C., BOUVET M. (1959) - Etude géologique de la feuille au 1/200 000 Timgaouine - *Bull. Sci. écon. B.R.M.A., Algérie*, n° 7, 65 p.

REBOUL C., MOUSSU H., LESSARD L. (1962) - Notice explicative de la carte géologique au 1/500 000 du Hoggar (Sahara central) - Publ. B.R.G.M., Fr., 96 p.

REMY J.M. (1967) - Etude géologique et volcanologique du Sud-Est de l'Amadror en Ahaggar (Sahara central) - *Sci. Terre, Fr.*, 10, pp. 1-189.

ROCCI G. (1957) - Formations métamorphiques et granitiques de la partie occidentale du pays Reguibat (Mauritanie du Nord) - Thèse - *Bull. Dir. Mines Géol. A.O.F.*, n° 21, 2 vol., 484 p., cartes.

ROCCI G. (1959) - Sur l'existence d'un complexe des granites intermédiaires et sa position dans l'ensemble des granitisations de l'Ouest africain. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 248, pp. 3588-3590.

ROCCI G. (1960) - Le massif de Tarraouadji (République du Niger). Etude géologique et pétrographique. Publ. B.R.G.M., n° 6, Dakar, 39 p.

ROCCI G. (1964) - Ages absolus, histoire et structure de l'Ouest du bouclier africain - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 258, pp. 2859-2862.

ROCCI G. (1965) - Essai d'interprétation de mesures géochronologiques. La structure de l'Ouest Africain - *Sci. Terre, Fr., X*, pp. 461-478.

ROCCI G. (1969) - Les chaînes du Protérozoïque supérieur dans l'ouest Africain - *Ann. Fac. Sci. Univ. Clermont*, n° 41, Géol. Min., fasc. 19, pp. 56-61.

ROCCI G. (1969) - Rôle des granites dans les édifices ayant subi un rajeunissement radiométrique - *Geol. Ass., Canada*, Spec. Paper, 5, pp. 33-45.

ROGNON P. (1967) - Le massif de l'Atakor et ses bordures (Sahara central). Etude géomorphologique - Publ. Centre. Rech. Zones arides, C.N.R.S., Paris, Série géologie, n° 9, 559 p.

ROGNON P. (1967-b) - Le milieu désertique à affinités montagnardes de l'Atakor (Sahara Central). Thèse complémentaire Doct. Lettres, Univ. Paris, 202 p.

SANSELME H. (1963) - Le Taourirt-Tan-Afella et sa région - *C.R. Acad. Sci., Fr.*, t. 256, pp. 3160-3162.

SCHURMANN H.M.E. (1956) - Des minerais dans le Sahara central ? - *Geol. en Mijnbouw, Nederl.*, 18, pp. 161-164.

THEBAULT J.Y., ROYER C. (1955) - Prospection du Hoggar septentrional - *Bull. sci. écon. B.R.M.A., Algérie*, n°3, pp. 87-107.

TUGARINOV A. (1968) - Age absolu et particularités génétiques des granites du Nigéria et du Cameroun septentrional. Rech. sur les Ress. Nat., UNESCO, n° VIII : C.R. Coll. Granites de l'Ouest africain, pp. 119-122.

TURNER D.C. (1963) - Ring structures in the Sara-Fier Younger granite complex, Northern Nigeria. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 119, n° 3, pp. 345-362.

TURNER D.C. (1964) - Further discussion of ring structures in the Sara Fier Younger Granite complex, Northern Nigeria. *Quart. J. Geol. Soc. London*, n° 477, vol. 120, part 1, p. 125.

TURNER D.C. (1969) - A gravity interpretation of the Liruei ring complex, Nigeria. *Geol. Mag., G.B.*, 106, pp. 95-97.

VILLATTE N. (1905) - Du Tidikelt vers Tombouctou (Ahenet, Adrar, Hoggar et Tibesti) - *La géographie*, t. XII, pp. 209-228.

VILLATTE N. (1911) - A travers le Sahara - Du Tidikelt au Niger par l'Ahaggar - *La géographie*, t. XXIII, pp. 161-187.

VINCENT P. (1961) - Le massif granitique de Yedri (Tibesti) - *Bull. Inst. Equat. Rech. Géol. Min.*, n° 14, pp. 53-71.

VITEL G. (1969) - Signification pétrologique de la schistosité de fracture horizontale de Dehine (Hoggar central, Sahara algérien) - *C.R. Acad. Sci. Fr.*, sér. D, t. 269, pp. 2500-2502.

WRIGHT J.B. (1970) - Controls of mineralization in the Older and Younger Tin Fields of Nigeria. *Econ. Geol., U.S.A.*, 65, pp. 945-951.

BIBLIOGRAPHIE (3)

RAPPORTS INEDITS DU B.R.M.A. ET DU B.R.G.M.

ARENE J., BOUVET M., GUERANGE B., REBOUL C., VIALON P. (1960) - Mission de prospection générale, Hoggar, 1959-60. Rapport de fin de mission. B.R.G.M. Algérie.

BENEITO J., WALTER J., ROUMY A., LAFOY Cl.(1957) - Mission de travaux, Hoggar, 1956-57. Rapport de fin de mission. Feuille Tesnou au 1/200 000 - B.R.M.A.

BIELLE A. et al. (1962) - Rapport de mission - B.R.G.M. Algérie.

BOISSONNAS J. (1959) - Rapport de mission Hoggar, 1958-59. B.R.M.A.

BOISSONNAS J. (1960) - Mission de synthèse géologique S1, Hoggar, 1959-60. Etude géologique des granites wolframifères de la région de Laouni - B.R.G.M., Algérie.

BOISSONNAS J. (1963) - Granites des "Taourirts". Campagne du printemps 1963. Rapport de fin de mission 1961. B.R.G.M., Paris.

BOISSONNAS J. (1964) - Granites des Taourirts - Rapport de fin de mission B.R.G.M.

BOISSONNAS J. (1965) - Granites tarditectoniques et granites post-tectoniques dans le Hoggar central et occidental. Etude géologique, relations avec la structure et l'évolution du socle saharien. B.R.G.M.

BONNICI J.P. (1961) - Mission de prospection systématique et de géologie, Hoggar, 1960-61. Rapport de fin de mission - B.R.G.M. Algérie.

BONNICI J.P. (1963) - L'intrusion granulitique d'Alous-ouan- Rechla (feuille Laouni, Hoggar) - Rapport B.R.G.M. (département M.P.M.G.), Paris.

BOURGEOIS M., BOUVET M., ILLY P. (1956) - Rapport de fin de mission (Hoggar 1955-56), B.R.M.A.

BOUVET M. (1961) - Le gisement filonien d'Adrar Renaissance (feuille Laouni). Etude géologique et métallogénique (Hoggar, 1960-61), B.R.G.M. Algérie.

BYRAMJEE R. (1956) - Esquisses structurales de quelques granites du Hoggar, in : "Etude des structures dans les roches éruptives...", B.R.M.A.

BYRAMJEE R. (1957) - Les granites post-tectoniques de l'axe Tanaout Taessa. Annexe au fascicule Généralités du rapport : Guérangé et Al., Mission Hélicoptère, Hoggar 1956-1957, B.R.M.A.

BYRAMJEE R. (1958) - Essai d'analyse structurale sur le granite de Tioueiine, B.R.M.A.

CACHAU-HEREILLAT F. (1964) - Mission de prospection générale. Campagne 1963-64. B.R.G.M.

DIDIER J. (1959) - Rapport scientifique sur les travaux de la mission 51 en octobre et novembre 1958 (B.R.M.A., et Univ. Clermont-Ferrand, 19 p.).

GEORGEL J.M. (1962) - Chantier Adrar Renaissance. Rapport de fin de chantier. Hoggar 1961-62, B.R.G.M..

GRAVELLE M. (1959) - Mission de synthèse géologique S2 (Hoggar 1958-59), Feuille au 1/200 000 Silet, B.R.M.A.

GUERANGE B. (1966) - L'Antécambrien de Temasint. B.R.G.M.

GUERANGE B., BYRAMJEE R., REBOUL C. (1957) - Mission hélicoptère (Hoggar 1956-57) - Rapport de fin de mission. B.R.M.A.

GUERANGE B., DESBORDES B., LERIDON J., WALTER J. (1958) - Mission Roches Vertes n° 2, (Hoggar 1957-58). Rapport de fin de mission. B.R.M.A.

ILLY P., LE CAIGNEC J., DIDIER J., HAREL M. (1957) - Rapport de fin de mission (Hoggar, 1956-57) - B.R.M.A.

ILLY P., DIDIER J., HAREL M. (1958) - Etude complémentaire des indices de wolfram et d'étain de la région de Djanet ; in "Mission de prospection générale n° 1 (Hoggar 1957-58) ; rapport de fin de mission". B.R.M.A.

LAUNEY P. (1953) - Mission de prospection au Hoggar, du 22 octobre au 9 décembre 1953 (Tamanrasset, le 14.12.53) - B.R.M.A.

LEUTWEIN F. (1961) - Etude géochimique des wolframs du Hoggar - B.R.G.M.

MEINDRE M. (1959) - Rapport sur les minéralisations du Hoggar, B.R.M.A., Secteur de Tamanrasset.

RANOUX J., GUERANGE B. (1956) - Rapport de mission. (Hoggar 1955-56) - B.R.M.A.

REBOUL C., BOUVET M., DAMAY J., GROLIER J. (1957) - Mission Reboul (Hoggar 1956-57) - Rapport de fin de mission - B.R.M.A.

ROUMY A. (1963) - Mission de prospection complémentaire - Rapport de prospection (Feuille Asseksem) - B.R.G.M. Algérie.

ROYER C., THEBAULT J.Y. (1955) - Rapport sur la mission Hoggar, 1954-55, B.R.M.A.

ROYER C., ZUNDEL J. (1957) - Rapport de fin de mission (Hoggar, 1956-57) B.R.M.A.

THEBAULT J.Y., ARENE J., DESBORDES B., THOLANCE (1957) - Rapport de fin de mission (Hoggar, 1956-57), B.R.M.A.

WALTER J. (1960) - Mission de prospection systématique (Hoggar 1960). Rapport de fin de mission - B.R.G.M.

LISTE DES FIGURES

Situation de la région étudiée 8

Figure 1 - Le craton de l'Ouest africain, l'Ahaggar et ses annexes 9

Figure 2 - Répartition des granites dans le Nord du fossé pharusien 44

Figure 3 - Croquis de la région de Tinnirt 54

Figures 4 et 5 - Déformations P_1 et P_2 dans les séries du Tirahart 57

Figure 6 - Mode de développement des surfaces S_γ dans l'auréole NE du diapir de Tinnirt Nord 57

Figure 7 - Textures de protoclase dans le diapir de Tinnirt Nord 63

Figure 8 - Courbes d'équilibre de quelques réactions minérales . 69

Figure 9 - Textures de protoclase dans le diapir de l'Adrar Tinnirt 76

Figures 10 et 11 - Détails structuraux dans l'auréole orientale du Tig'elamine 95

Figure 12 - Tracé hypothétique des lignes de faiblesse ayant contrôlé certaines unités occidentales du Tig'elamine 99

Figure 13 - Granites des Taourirts dans le fossé pharusien : croquis de situation 125

Figure 14 - Les Taourirts composites 126

Figure 15 - Toponymie du complexe de Tesnou ..... 131 bis

Figure 16 - Esquisse géologique du complexe de Tesnou ..... 131 ter

Figure 17 - Enclaves du Tesnou 1 139

Figures 18 à 21 Contact des anneaux périphérique et médian du Ti-n-Ezzoua Sud : détails observés sur les affleurements n° 1, 2, 4 et 5 du texte 148-149

Figure 22 - Détails du contact de l'anneau médian et du corps central du Ti-n-Ezzoua Sud 153

Figure 23 - Coupe interprétative du Ti-n-Ezzoua Sud 155

Figure 24 - Détails au contact SW des unités 3 et 1 du Tesnou 156

Figure 25 - Coupe schématique verticale du "filon-enclave" de porphyre granitique aux abords de l'unité 3 157

Figure 26 - Détails du contact des unités 3 et 4 157

Figure 27 - Schlieren surmicacés du Ti-n-Akkor au contact avec le leucogranite de l'Ouest ..... 165 bis

Figure 28 - Diagramme R/Si de Jung et Brousse pour le Tesnou et le Tig'elamine ..... 167 bis

Figure 29 - Diagramme Na_2O - K_2O - CaO pour le Tesnou ..... 167 bis

Figure 30 - Diagramme de Niggli pour les granites du Tesnou et du Tig'elamine ..... 167 ter

Figure 31 - L'extrémité Nord de l'unité 1 du Tesnou, et son encaissant 170

Figure 32 - Ondulations P_3 et double clivage S_3 sur la ligne axiale du Tesnou 1 173

Figure 33 - Ondulations P_γ et clivage fruste S_γ 174

Figure 34 - Porphyroblastes de chlorite, fossilisant les micro-charnières P_3 175

Figure 35 - L_γ, L_3 et microfissures biotitisées 176

Figure 36 - "Arcs polygonaux" de biotite vus sous le microscope 177

Figure 37 - Dans l'auréole interne du Tesnou 1 : traînées graphiteuses et porphyroblastes de cordiérite phyllitisée 179

Figure 38 - Diagramme de Piwinskii et Wyllie (1968), et de Khitarov et al. (1969) 185

Figure 39 - Toponymie du complexe d'Iseddiène-Imehellatène 198

Figure 40 - Géologie du complexe d'Iseddiène-Imehellatène 199

Figure 41 - Brèche d'intrusion au contact oriental de l'Imehellatène Sud 201

Figure 42 - Enclaves déplacées de tonalite au contact NW de l'Ovale d'Iseddiène 201

Figures 43 et 44 - Détails observés au contact ouest des zones intermédiaire et périphérique de l'Imehellatène médian et Sud ..... 213 bis-ter

Figure 45 - Relations entre le granite de la zone intermédiaire et la granodiorite 216

Figure 46 - Leucogranites précoces d'Imehellatène 220

Figure 47 - Coupe schématique de l'Imehellatène au niveau du massif médian 222

Figure 48 - Les schlieren surmicacés d'Iseddiène 228

Figure 49 - Bras de granite grossier dans le granite fin central de l'ovale d'Iseddiène 230

Figure 50 - Contact des deux granites fins de l'ovale d'Iseddiène 230

Figure 51 - Oligoclases de la couronne externe de l'Iseddiène . 230

Figure 52 - Evolution et coupe théorique de l'ovale d'Iseddiène 236

Figure 53 - Emplacement de quelques affleurements remarquables de l'Iseddiène 239

Figure 54 - Détail du contact de l'Adrar Iseddiène et de l'Ovale 239

Figure 55 - Evolution chimique des granites d'Iseddiène-Imehellatène d'après les paramètres al, alk et fm + c de Niggli 241

Figure 56 - La zonation du Temouzereg' (Idireksi) 243

Figure 57 - Le Siledrar 248

Figure 58 - Contact des deux granites du Siledrar (1) 248

Figure 59 - Contact des deux granites du Siledrar (2) 248

Figure 60 - Contact des deux granites du Siledrar (3) : les filons de l'affleurement SW 249

Figure 61 - Les granites d'Elbema 256

Figure 62 - La structure centrale d'Elbema Est 256

Figure 63 - Détail des relations entre les granites grossier et fin d'Elbema Est 257

Figure 64 - Le Tihaliouine 263

Figure 65 - Relations du centre et des couronnes dans l'Est du Tihaliouine 268

Figure 66 - Coupe schématique du Tihaliouine 271

Figure 67 - Le Teg'orak 276

Figure 68 - Massif de Teg'orak : détails au contact SE du corps central et de l'anneau intermédiaire 280

Figure 69 - Le Taourirt ta-n-Ataram 276

Figure 70 - Le Taharhaït-n-Abror 288

Figure 71 - Taharhaït-n-Abror n° 2 : contact des deux granites et orientations statistiques des enclaves microgrenues 293

Figure 72 - Taharhaït-n-Abror : contact de la couronne et de la zone centrale 295

Figure 73 - Le Tioueiine 300

Figures 74-75 - Détails dans la syénite du Tioueiine 309

Figure 76 - Essaim d'enclaves diverses dans un filon du réseau occidental 321

Figure 77 - Diagramme triangulaire en paramètres de Niggli pour le Tioueiine, l'Aouilène et le Taharhaït-n-Abror 324

Figure 78 - Le Ti-n-Erit 328

Figure 79 - L'Iskel 339

Figure 80 - Diagramme de Niggli pour l'Iskel 341

Figures 81-82 - L'Aouilène 344

Figure 83 - Diagramme de Niggli pour l'Aouilène 346

Figure 84 - La région du Tihoiiarène 348

Figure 85 - Cannelures au contact nord du Tihoiiarène 348

Figure 86 - Diagramme fm + c - si, traduisant l'existence des deux variétés du granite calco-alcalin courant ... 357

Figure 87 - Diagramme de H. de la Roche pour les Taourirts du fossé pharusien 358

Figure 88 - Exemples de phénocristaux de microcline, enrobés d'oligoclase 359

Figure 89 - Exemples de phénocristaux zonés 359

Figure 90 - Feldspath -K postérieur aux oligoclases 366

Figure 91 - Générations successives de plagioclase 366

Figure 92 - Mode de développement de l'apatite 366

Figure 93 - Chimisme des biotites dans les Taourirts du fossé pharusien 368-369

Figure 94 - Représentation schématique des bordures de granite à grain moyen 390

Figure 95 - Coupes des bordures et relations avec le granite grossier 395

Figures 96 à 98-Les divers types de dispositifs emboîtés ..... 401 à 403

Figure 99 - Vue synthétique des styles des contacts entre zones 404

Figure 100 - Le linéament Tanezrouft - Ajjer 415

Figure 101 - Croquis de répartition des granites tardifs du compartiment central de l'Ahaggar 430

Figure 102 - L'I-n-Tounine et ses satellites 430

Figure 103 - Croquis de l'Aheleheg' 438

Figure 104 - Phénocristal d'orthose à intrusions d'oligoclase et de biotite, dans le microgranite apical de l'Aheleheg' 442

Figure 105 - Le contact de l'oued Amezeguine et les filons à pendage interne 451

Figure 106 - Filonnets à épontes déplacées (contact de l'Aheleheg' dans l'oued Ouazen) 451

Figure 107 - Coupe synthétique de l'Aheleheg' 455

Figure 108 - Les massifs de Tanaout 457

Figure 109 - Croquis de l'I-n-Tounine 463

Figure 110 - Contact du granite grossier et d'un granite à grain moyen 473

Figure 111 - Exemple schématisé de relations entre le granite grossier, un granite à grain moyen et le microgranite apical 474

Figure 112 - Coupe théorique de l'I-n-Tounine 474

Figure 113 - La "boutonnière d'I-n-Tounine" et ses environs 482

Figures 114 & 115 - Relations spatiales des granites de la "boutonnière" d'I-n-Tounine 484

Figure 116 - Relations entre le granite grossier du Lafat et le granite grossier d'I-n-Tounine 488

Figure 117 - Croquis du chaînon de l'Adrar Tiftazounine 490

Figure 118 - Coupe de l'Adrar Tiftazounine 490

Figure 119 - 492

Figure 120 - Evolution chimique de l'I-n-Tounine 494

Figure 121 - Coupe schématique de l'intrusion complexe de la boutonnière 496

Figure 122 - Croquis du Taessa 504

Figure 123 - Schéma du contact Torak - Taessa str. s. 512

Figure 124 - Enclaves déplacées de gneiss fins au contact du Taessa 514

Figure 125 - Nids de granite à ovoïdes (rapakiwi) et de pegmatite dans le proche encaissant du Taessa 514

Figure 126 - Le massif d'Abarga-Idelès 520

Figure 127 - Décalcification d'oligoclase, avec formation concomitante de séricite et de fluorine 534

Figure 128 - Chimisme des biotites de l'Aheleheg' et de l'I-n-Tounine 542

Figure 129 - Divers habitus de la topaze dans les granites alcalins d'I-n-Tounine 545

Figure 130 - Répartition des derniers granites dans le Sud du compartiment de l'Ahaggar central 549

Figure 131 - Croquis schématique du massif de Tessalit 554

Figure 132 - Quelques aspects des enclaves gneissiques du Tessalit 554

Figure 133 - Le massif de Tit-n-Enir 560

Figure 134 - Le massif de Renaissance 564

Figure 135 - Le pointement d'Alous-ouan-Rechla 573

Figure 136 - Le massif de Sedis 576

Figure 137 - Le massif de Joséphine 576

Figure 138 - Schéma de l'Hexagone 580

Figure 139 - Esquisse géologique du Baouinet Nord 583

Figure 140 - Esquisse géologique de l'Adrar Marie-Louise 587

Figure 141 - Coupe théorique de l'Adar Marie-Louise 587

Figure 142 - Diagramme de H. de la Roche pour les granites de Laouni 591

Figure 143 - Le Ti-n-Teganet 593

Figure 144 - Le Taourirt Ta-n-Afella 595

Figure 145 - L'In-Ekoulmou 600

TABLE DES MATIERES

Pages

ANNEXE I : INDEX DES SUJETS I

ABSTRACT VII

RESUME 1

Introduction générale 9

1 - Historique des travaux sur les granites de l'Ahaggar 11

1.1. Les premières observations géologiques 11

1.2. Maurice Lelubre 13

1.3. Travaux des missions du B.R.M.A. puis du B.R.G.M. sur les granites 14

1.4. Recherches entreprises en dehors des missions de prospection 18

2 - Géologie résumée de l'Ahaggar central et occidental 20

2.1. Les grandes lignes du découpage structural 20

2.2. La chaîne pharusienne 22

2.3. Le "compartiment suggarien de l'Ahaggar central" 26

3 - Recherches personnelles - Mode de rédaction du mémoire et grandes rubriques du plan 28

Chapitre I - Introduction aux deux premières parties : les granites du fossé pharusien de l'Ouest ; leur répartition dans le Nord du fossé 36

1 - Présentation des trois principales familles de granites pharusiens 36

1.1. Plutons du Pharusien inférieur 37

1.2. Massifs du Pharusien supérieur 38

a) Plutons concordants, syn- à tardi-tectoniques 38

b) Granites circonscrits et discordants, tardi- à post-tectoniques 40

2 - La répartition des granites du Pharusien supérieur dans le Nord du fossé, et ses incidences sur le plan de l'étude .....

Première partie : LES MASSIFS SYNOROGENIQUES DANS LA SERIE DU PHARUSIEN SUPERIEUR 43

Chapitre II - Le pluton du 4e méridien (ou de Ti-n-Touafa) : ses subdivisions et ses principales variétés de granite 45

1 - Généralités 45
2 - Grandes lignes de l'architecture du pluton 46
3 - Les granites 48
3.1. Le type courant et sa variation de l'Adrar Ti-n-Touafa 48
3.2. Autres variétés de granite 50
Conclusion 52

Chapitre III - Annexes orientales du pluton de Ti-n-Touafa : les diapirs granitiques des environs du puits de Tinnirt, leurs relations avec la série du Pharusien supérieur 53

Section A : Etude sommaire de la série pharusienne 55

1 - Lithostratigraphie 55
1.1. Le Pharusien inférieur du Tedezit 55
1.2. Les formations volcano-sédimentaires du Pharusien supérieur 56

2 - Chronologie des déformations 57
2.1. Déformations 1 et 2 57
2.2. Déformations tardives 58

3 - Métamorphisme 62

Section B : Les massifs de Tinnirt Nord, de l'Adrar Tinnirt et d'Amag'ar - le métamorphisme à andalousite de l'Ouest de la formation 2 64
1 - Présentation du Tinnirt Nord et de son auréole 64
2 - Le métamorphisme à andalousite et les phénomènes deutériques ... 67
Les silicates non phylliteux 67
Les associations observées et leur signification 67
Relations entre les silicates de métamorphisme et les déformations 71
Les phénomènes deutériques - Causes possibles du magmatisme granitique 72

3 - Le diapir de Tinnirt Nord, ses relations avec son auréole et avec la structure régionale : résumé et conclusions 74
4 - L'Adrar Tinnirt 77
5 - Comparaison des deux massifs de Tinnirt 81
6 - Le granite circonscrit de l'oued Amag'ar 83
7 - Rapports du pluton de Ti-n-Touafa et de son encaissant - Conclusion à l'étude des diapirs de Tinnirt 84

Chapitre IV - l'Est du fossé pharusien : le pluton de Tig'elamine et les granites des environs d'Aseksème 86

Introduction - Migration du plutonisme et polarité orogénique 86

Section A - Le pluton de Tig'elamine 87

1 - Les granites 88
1.1. La zone orientale du pluton au Nord de l'oued Ousadert et son prolongement vers le Sud 88
1.2. Les annexes occidentales du pluton, au Nord de l'oued Ousadert 90

2 - Les relations avec l'encaissant 93
2.1. A l'Est 93
2.2. Le contact avec l'encaissant de l'Ouest 97

Le Tig'elamine : résumé, conclusion et éléments de comparaison avec le Ti-n-Touafa 100

Section B : Les granites des environs d'Aseksème 103

1 - Le pluton d'I-n-Debirene (ou de Tidafli) 104
2 - Le diapir de l'oued Ameder 105
3 - Autres diapirs 106
Conclusion 107

Note sur les plutons concordants du Sud du fossé pharusien 109

Chapitre V - Conclusion de la première partie : les granites synorogéniques concordants du fossé pharusien ; problèmes génétiques 111

1 - Rappel 111

2 - Remarques sur la genèse et la mise en place des plutons 113

2.1. Origine et provenance des magmas : aspect général du problème 113

2.2. Le granite courant des plutons et le problème de la place 116

2.3. Les satellites intrusifs des plutons 119

Deuxième partie : LES GRANITES DISCORDANTS DES "TAOURIRTS" DANS LE FOSSE PHARUSIEN, ET LEURS STRUCTURES CONCENTRIQUES 121

Chapitre VI - Introduction à l'étude des granites discordants des "Taourirts" dans le fossé pharusien 122

Les avatars du mot "Taourirt"..... 122

Les "Taourirts" du fossé pharusien dans le paysage 123

Répartition des massifs 127

Plan de la seconde partie 128

Chapitre VII - Le complexe de Tesnou 129

Introduction 129

Section A - Les granites de Tesnou 132

1 - Le Tesnou 1 132

1.1 - Secteur axial et occidental : Arhelad et Ataram 132

1.2 - Secteur oriental : Adrar Tesnou s. str. 136

1.3 - Relations des deux secteurs 137

1.4 - Les enclaves de l'unité 1 138

2 - Les Ti-n-Ezzoua (ou Tesnou 2) - Le massif sud et sa structure annulaire 145

2.1 - Les granites du Ti-n-Ezzoua Sud 146

2.2 - Contact des zones emboîtées du Ti-n-Ezzoua Sud 149

2.3 - Interprétation de la structure annulaire du Ti-n-Ezzoua Sud 154

3 - Les unités 3 à 6 du Tesnou 156
3.1 - Les unités 3 156
3.2 - L'unité 4 (Pic de Tesnou) 159
3.3 - Les unités 5 et 6 160

4 - Le Ti-n-Akkor (ou Tesnou 7) 162
4.1 - Les granites 162
4.2 - Les contacts entre granites 164

5 - Evolution chimique du complexe de Tesnou d'après les analyses de roches 166

6 - Composition et structure du complexe de Tesnou : résumé 168

Section B - Le complexe de Tesnou et de son encaissant 169

1 - Le Tesnou 1 et la série du Pharusien supérieur : déformations et métamorphisme de contact au Nord de l'unité. Liaison avec l'orogenèse - Mode de mise en place 170
1.1 - Les déformations liées au granite 170
1.2 - Le contact, l'auréole métamorphique et les pegmatites à muscovite 174
1.3 - Le Tesnou 1, l'orogenèse et les diapirs de Tinnirt-Aseksème 183
1.4 - Estimation de la profondeur de mise en place 184
1.5 - Mise en place du Tesnou 1 et origine des déformations tardives de l'auréole 187

2 - Les relations des unités 2 (Ti-n-Ezzoua) à 7 (Ti-n-Akkor) avec l'encaissant 190
2.1 - Le Ti-n-Ezzoua Sud 190
2.2 - Les unités 3 à 7 191

3 - Le complexe de Tesnou et de son encaissant : conclusions 194
L'auréole du Tesnou 1 194
Evolution du mécanisme de mise en place 194

Conclusions à l'étude du Tesnou 196

Chapitre VIII - Le complexe d'Iseddiène - Imehellatène 197

1 - Présentation 197
2 - Contacts avec l'encaissant 202
3 - L'Imehellatène 203

3.1 - Les microtonalites et les roches associées 204
Pétrographie des microtonalites 205
La granodiorite à grain fin 209
Les leucogranites précoces du Nord de la "Jonction" et du "Pilier" 210

3.2 - Le granite grossier de la périphérie, et sa bordure de leucogranite 211

3.3 - Le granite à grain moyen de la zone intermédiaire, ses relations avec le granite grossier et avec les précurseurs basiques 213

3.4 - Les corps alcalins centraux 217

3.5 - Particularités de la zone située sur le passage virtuel de la discordance intrapharusienne à travers le massif .. 219
Les alignements leucogranitiques 219
Les pointements d'albitite 221
Les enclaves microgrenues 221
Les enclaves de schistes cristallins : un exemple de "stratigraphie fantôme" 223

3.6 - Interprétation des faits précédents : histoire résumée de l'Imehellatène 224

4 - L'Ovale d'Iseddiène 226
4.1 - Le centre 226
Les granites 226
Les schlieren du granite grossier 227
Contacts entre les granites de la zone centrale 229
Fluidalités des granites de la zone centrale 231

4.2 - La couronne 232

4.3 - Evolution de l'Ovale d'Iseddiène 234

5 - L'Adrar Iseddiène s. str. 238

Evolution chimique du complexe d'Iseddiène-Imehellatène 241

Conclusion à l'étude d'Iseddiène-Imehellat!ne 242

Chapitre IX - Les massifs isolés des feuilles Tesnou et Aseksème-Ifetessène : Temouzereg' (Idireksi), Siledrar, Elbema 243

1 - Le Temouzereg' 243
2 - Le Siledrar 245
3 - Le groupe d'Elbema 252

3.1 - Aït-Oklan 252
3.2 - L'Adrar Elbema 255
3.3 - Elbema Est 255
3.4 - Eg'ele 259
3.5 - Mise au point sur les filons "d'alaskite" du Sud de la feuille Tesnou 259

Conclusion 260

Chapitre X - Le trio Tihaliouine - Teg'orak - Tefokra, et deux massifs apparentés : le Taourirt Ta-n-Ataram et le Taharhaït-n-Abror 261

Section A - Le trio Tihaliouine - Teg'orak - Tefokra 262

1 - Le Tihaliouine 262
1.1. Les granites 264
1.2. Relations entre le centre et les couronnes 268
1.3. Relations avec l'encaissant. Mode de mise en place 271
1.4. Formation de la structure annulaire du Tihaliouine 273
Conclusion à l'étude du Tihaliouine 275

2 - Le Teg'orak 275
2.1. Les granites 277
2.2. Contact des zones emboîtées 279
Conclusion à l'étude du Teg'orak 281

3 - Le Tefokra 281

Section B - Le Taourirt Ta-n-Ataram 284

Encaissant et contrôles structuraux 284
Les granites et leurs relations mutuelles 285
Problèmes génétiques 286
Conclusion 287

Section C - Le Taharhaït-n-Abror 288

1 - L'ensemble des trois massifs synchrones 289
1.1. Les types de granite et leur répartition 289
1.2. Le contact des deux variétés de granite dans le massif n°2. 290
1.3. Les enclaves microgrenues du massif n° 2 292

2 - Le massif septentrional 294
Conclusion du chapitre X 296

Chapitre XI - Deux massifs à tendance subvolcanique = Tioueiine et Ti-n-Erit 297

Avant-propos 297

Section A - Le Tioueiine et ses filons annulaires 299

1 - Introduction 299
2 - Etude pétrographique 303
2.1. Le granite alcalin de la périphérie 303
2.2. Le granite de la zone intermédiaire 306
2.3. La syénite quarzifère et les granites des filons incurvés.. 307
2.4. Le granite de la plaine centrale 311
2.5. Les enclaves basiques ("dykes synplutoniques" et enclaves isolées), et les filons tardifs de felsite 313
3 - Relations des unités concentriques. Mode de gisement des filons incurvés 315
3.1. Relations de la périphérie et de la zone intermédiaire 315
3.2. Contact de la zone centrale 316
3.3. Mode de gisement des filons incurvés 316
Les caractères essentiels des filons incurvés 321
4 - Evolution du Tioueiine 322
Conclusion à l'étude du Tioueiine 326

Section B - Le Ti-n-Erit 327

1. Les granites du Ti-n-Erit et leurs relations mutuelles 329
2. Les tonalites du Sud-Est. Leurs rapports avec le granite de la plaine 333

Conclusion - Le Ti-n-Erit et sa bordure protoclastique 336

Conclusion du chapitre XI 337

Chapitre XII - Les cas particuliers des trois intrusions méridionales : Iskel, Aouilène et Tihoiiarène 338

1 - L'Iskel 338
Description et répartition des roches acides 340
Enclaves basiques et complexe gabbro-dioritique 342
Conclusion 343

2-- L'Aouilène 344
Principales variétés pétrographiques 345
Données structurales 346
Conclusion 346

3 - Le Tihoiiarène 347
Le granite 347
Les contacts 349
Interprétation 351

Annexe du chapitre : sur deux massifs d'attribution douteuse 353

Chapitre XIII - Vue d'ensemble sur les "granites des Taourirts" dans le fossé pharusien -
Conclusion de la deuxième partie 354

1 - Etude du granite courant 355
1.1. Description résumée 355
1.2. Description de quelques minéraux 358

2 - Les schlierens surmicacés 368
2.1. Constitution 368
2.2. Interprétation 371

3 - Les corps basiques associés et les enclaves microgrenues 376
3.1. Généralités 376
3.2. Les enclaves de microdiorites et les autres corps basiques associés 378
Conclusion 381

3.3. Les enclaves microgrenues à composition de granodiorite et de granite 382
a. Les grandes masses enclavées 382
b. Les petites enclaves 383
c. Interprétation 385

4 - Anatomie comparée des massifs : étude de la zonation concentrique 389
4.1. Introduction 389
4.2. La bordure de granite à grain moyen et ses relations avec le granite courant 390
Etude pétrographique 390
Relations 394
Formation du capuchon apical 396
4.3. Le Taourirt à l'intérieur de la bordure de granite à grain moyen 399
Constitution des zones. Les granites alcalins et les minéralisations 399
Rappel des dispositifs observés 401
Retour sur les contacts entre les zones et sur leur interprétation 404
Mécanisme de la zonation 404
4.4. Conclusion à l'étude de la zonation des Taourirts 408

5 - Les Taourirts des fossés dans leur cadre géologique 412
5.1. Contrôles structuraux de l'essaim des Taourirts 412
Le linéament diagonal Tanezrouft-Ajjer 413
5.2. Mode de gisement et métamorphisme de contact 416
5.3. Mécanisme de mise en place 420

Conclusion de la deuxième partie 423

Troisième partie : LES DERNIERS GRANITES DU COMPARTIMENT CENTRAL DE L'AHAGGAR ("TAOURIRTS DE LA ZONE CENTRALE") ... 427

Chapitre XIV - Introduction à la troisième partie : Répartition des massifs, contrôles structuraux 428

Présentation et contrôles structuraux des Taourirts de Tamanrasset 429
Présentation et contrôles structuraux des massifs du Sud 433
Contrôles structuraux des massifs isolés 434
Remarques sur les données de la géochronologie 435

Chapitre XV - Groupe de Tamanrasset (1) - Les massifs d'Aheleheg' et de Tanaout . La "Gara Monique"..... 437

Section A - L'Aheleheg' 438

1 - Géologie interne de l'Aheleheg' 439

1.1. Les granites et leurs relations mutuelles 439
Le granite grossier 439
Les microgranites porphyriques du toit 441
Les granites alcalins 444

1.2. Le cortège filonien et la brèche d'explosion 446

2 - Contacts avec l'encaissant 449

2.1. Le contact nord 449
2.2. Le contact sud 452
2.3. Comparaison des contacts nord et sud-ouest 455

Conclusion : l'Aheleheg', intrusion de faible profondeur 456

Section B - Les massifs de Tanaout et la "Gara Monique" 457

1 - Les deux massifs de Tanaout 457
2 - La Gara Monique 460

Chapitre XVI - Groupe de Tamanrasset (2) : l'I-n-Tounine et ses satellites 462

1 - Généralités 462

2 - L'évolution normale du massif : le granite courant et ses variations apicales 466
2.1. Le granite subalcalin à gros grain 466
2.2. Le granite alcalin à grain fin et les phénomènes pneumatolytiques : étude du secteur nord 468
2.3. Les microgranites porphyriques à chimisme subalcalin et alcalin - leurs relations avec le granite grossier : étude du secteur Nord-est et est 471
2.4. L'évolution normale du massif d'I-n-Tounine 475

3 - Un massif dans le massif : l'intrusion complexe du Sud-Est, dite "de la boutonnière" 477

3.1. Les granites "de la boutonnière" : étude pétrographique . 477
3.2. Le pendentif d'encaissant et les relations mutuelles des granites de la "Boutonnière" 482
3.3. Contacts des granites de la "boutonnière" et du granite grossier d'I-n-Tounine 486

3.4. Le prolongement de l'intrusion complexe vers le Nord-Ouest (Adrar Tiftazounine) 490
3.5. L'intrusion complexe du Sud-Est : résumé et discussion .. 493

4 - Questions diverses 497

4.1. Contact avec l'encaissant 497
4.2. Minéralisations primaires 499
4.3. Les grands satellites de l'I-n-Tounine 500

Conclusion : mise en place et évolution de l'I-n-Tounine 502

Chapitre XVII - Groupe de Tamanrasset (3) : le massif de Taessa .. 503

1 - Les granites du Taessa 505
1.1. Les granites alcalins à grain moyen ou fin 505
1.2. Le granite grossier courant 506
1.3. Le granite grossier à ovoïdes d'orthose (rapakiwi) 507
1.4. Le contact de Torak et de Taessa s.stricto 511

2 - Contact du Taessa et des terrains encaissants 513

Conclusion à l'étude du Taessa 517

Annexe : Les granites circonscrits de l'Atakor septentrional, et le problème de leurs rapports avec les Taourirts de Tamanrasset (Taessa notamment) 518

1 - Le pluton de l'Abarga et d'Idelès 519
2 - Le massif d'Abdassène 526

Chapitre XVIII - Les Taourirts de Tamanrasset (4) : traits marquants de la pétrographie, profondeur relative de mise en place; évolution post-magmatique 527

1 - Les traits essentiels 527
1.1. Caractères significatifs du granite courant et des microgranites 527
1.2. L'évolution tardive des Taourirts de Tamanrasset 531

2 - Eléments d'étude minéralogique 536
2.1. Quartz et feldspaths 536
2.2. Les ferromagnésiens et les accessoires 539

Conclusion 546

Chapitre XIX : les massifs de l'Ahaggar méridional : groupe de Laouni, groupe des Baouinet 548

Section A : Les granites de Laouni 548

1 - Tessalit et ses enclaves gneissiques 553
2 - Tit-n-Enir 561
3 - Renaissance 563
4 - Tamazaror et son entablement sommital à kaolinite 568
5 - Les autres pointements : Alous-ouan-Rechla, Sedis, Joséphine . 572
5.1. Alous-ouan-Rechla 572
5.2. Sedis 575
5.3. Joséphine 577

Section B : Le groupe des Baouinet 578

1 - l'hexagone 580
2 - Le Baouinet Nord 583
3 - Le Baouinet Sud 586
4 - Le "Marie-Louise" 586
5 - "Tillik" 589

Conclusion du chapitre XIX 590

Chapitre XX : les coupoles dispersées du compartiment suggarien - Conclusion de la troisième partie 593

1 - Ti-n-Teganet 593
2 - La Taourirt Ta-n-Afella 595
3 - L'I-n-Ekoulmou 600

Conclusion de la troisième partie 604

Conclusion générale 607
Bibliographie générale 611
Références concernant le Sahara et la province nigérienne des "Granites Ultimes" 624
Rapports inédits du B.R.M.A. et du B.R.G.M. 638

Liste des figures 641
Table des matières 649

Annexe I : Index des sujets (en tête du mémoire)
Annexe II : Index des massifs étudiés ou cités
Annexe III : Analyses de roches
Annexe IV : Analyses de micas et d'amphiboles
Annexe V : Géochronologie

ANNEXE II

ANNEXE II

INDEX DES MASSIFS ETUDIES OU CITES
(Ahaggar seulement)

Abarga-Idelès - 433, 518, *519 - 525*.

Abdassène - 433, 518, *526*.

Aheleheg' (ou Ahelehedj) - 15, 16, 431, 432, *437 - 456*, 466, 517, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 539, 540, 541, 543, 546, 569, 583, 605.

Aït-Oklan - 16, 88, *252 - 255*, 259, 356, 357, 389, 391, 397, *401*, *409*, 414, 416.

Alous-ouan-Rechla : voir à Ouan-Rechla.

Amag'ar (ou Amadjar) - 46, 53, *83*, 85, 120.

Ameder - *105*, 421.

Aouilène - 17, 127, 298, 338, *344 - 347*, 356, 363, 412, 415, 423, 589.

Aseksème (diapirs de la feuille ...) - 18, 41, 42, 86, *103 - 108*, 112, 120, 183, 184, 244, 428.

Azzaoua : voir à Ti-n-Ezzoua Sud.

Baouinet (groupe des ...) - 429, 433, *578 - 590*, 592, 604.

Baouinet Nord - 433, 578, 579, *583 - 585*, 590, 592.

Baouinet Sud - 433, 578, *586*, 590.

Eketeb : voir à Nord Eketeb.

Eg'elé (ou Edjelé) - *259*.

Elbema (région d'...) - *252 - 259*, 279.

Elbema (Adrar ...) (ou Tadraq El Bema) - 88, *255*, 259, 363, 366, 414, 417.

Elbema Est - 16, 18, *255 - 258*, 358, 363, 366, 383, 386, 389, *401*, 408, 416, 422, 562, 563.

Hexagone - 433, 434, 578, *580 - 582*, 592, 604.

Honag - 525.

Ibechteroram - *501*, 531.

Idireksi (ou Temouzereg') - 86, 128, *243 - 245*, 251, 252, 356, 363, 389, *401*, *409*, 412, 414.

Idireksi (Ouest ...) : voir à Ouest Idireksi.

Ifetessene (diapirs de la feuille ...) : voir à Asekseme.

Iforas (granite des ...) - 109.

Ihouhaouène - 606.

Imehellatène - 107, 124, *197 - 225*, 259, 279, 342, 357, 367, 368, 379, 380, 382, 385, 386, 389, 392, 397, 398, 400, *403*, 405, 406, 407, *409*, 410, 412, 414, 416, 417, 418, 420, 422, 423, 546.

Imezzarène - 39, 109, 110, 117, 347, 349, 350, 351, 352.

I-n-Debirene (ou Tidafli) - 41, 86, *104*, 111, 120.

I-n-Ekoulmou (ou I-n-Akoulmou) - 414, 429, 434, 593, *600 - 603*.

Inikerene - 128, *353*.

I-n-Tounine - 15, 16, 17, 431, 432, *462 - 502*, 507, 517, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 537, 539, 540, 541, 543, 546, 604.

In Zize - 18, 22, 317, 417, 425, 606, 608.

Iseddiène (Adrar ...) - 200, *238 - 240*, 389, 393, 398, 400, 417.

Iseddiène ("ovale" d' ...) - 16, 124, 245, *226 - 241*, 285, 358, 359, 363, 366, 368, 369, 370, 373, 383, 386, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 396, 397, 398, *409*, 410, 412, 414, 420, 423, 435.

Iseddiène-Imehellatène (complexe d' ...) - 12, 127, *197 - 242*, 356, 412.

Iskel (ou Isket) - 127, 298, *338 - 343*, 379, 381, 412, 417.

Joséphine - 433, 434, 551, 553, *577*, 592.

Laouni (groupe de ...) - 17, 429, 433, *548 - 577*, 592, 604.

Marie-Louise - 433, 434, 578, *586 - 589*, 592, 604.

Monique (Gara ...) - 431, 432, *460 - 461*.

Nathalie (Reg ...) - *90 - 91*, 97, 98, 99, 101, 112, 114, 119, 120, 193.

Nemer : voir à Tanaout.

Nord Eketeb - 47, 51, 85, 120.

Nord Tahalent - 107.

Ouan-Rechla - 433, 434, 552, 553, *572 - 575*, 592.

Ouest Idireksi - *106*.

Renaissance - 17, 433, 551, 553, *563 - 568*, 592.

Sedis - 433, 551, 553, *575 - 576*.

Serkout - 12, 15.

Siledrar - 124, *245 - 252*, 363, 384, 387, 400, *402*, 405, 406, 407, 408, 409, 412, 414.

Taessa - 15, 431, 432, *503 - 517*, 531, 532, 533, 536, 537, 538, 541, 604.

Taharhaït-n-Abror - 124, 127, 261, *288 - 296*, 347, 356, 358, 363, 368, 369, 373, 384, 387, 389, 392, 393, 394, 397, 400, *409*, 412, 423.

Tamazaror - 433, 434, 435, 552, 553, *568 - 572*, 592.

Ta-n-Afella (Taourirt ...) - 19, 123, 414, 429, 434, 593, *595 - 599*.

Tanaout - 15, 431, 432, *457 - 459*, 528, 530, 531, 532.

Tan-Ataram - 123, 124, 127, 261, *284 - 287*, 363, 389, 408, 412, 413, 414, 435.

Tasekret : voir à Tihoiiarène -

Tedjorart : voir à Teg'orak.

Tefokra - 38, 261, *281 - 283*, 285, 414, 417, 419.

Teg'orak (ou Tedjorak) - 16, 261, *275 - 281*, 284, 285, 356, 363, 367, 389, 393, *402*, 405, 406, 407, 408, *409*, 410, 412, 413, 417.

Temererit (granodiorite type ...) - 36, 37, 39.

Temouzereg' ou Temouzeredj : voir à Idireksi.

Terzekkouline - 571.

Tesnou (complexe de ...) - 11, 12, 16, 28, 41, 42, 86, 107, 120, 127, *129 - 196*, 252, 363, 400, 405, 408, 412, 417, 419, 423.

Tesnou 1 - 130, *132 - 144*, 166, *170 - 189*, 285, 357, 358, 361-362, 363, 364, 379, 381, 384, 385, 389, 400, 408, 409, 413, 414, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, *423*, 424.

Tesnou 2 : voir à Ti-n-Ezzoua.

Tesnou 3 - 130, *156 - 158*, 166, 167, 191, 400, 405, 407, 408, 409, 418.

Tesnou 4 - 130, *159 - 160*, 167, 192, 416, 418.

Tesnou 5-6 - 130, *160 - 161*, 166, 192, 193, 238, 400, 408, 416, 422.

Tesnou 7 : voir à Ti-n-Akkor.

Tessalit - 433, 434, 551, 552, *553 - 560*.

Tessibent - 431, *500-501*, 517, 531.

Tidafli : voir à I-n-Debirene.

Tig'elamine (ou Tidjelamine) - 41, 42, *86 - 101*, 110, 111, 119, 167, 183, 184, 259, 351, 363, 369, 418, 419, 423.

Tig'ettaouine (ou : Tidjettaouine) - 45, 46, 49, 50, 82, 122, 351, 428.

Tihaliouine - 16, 124, 261, *262 - 275*, 356, 358, 361, 363, 368, 369, 383, 386, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 396, 397, *401, 409*, 412, 417, 419, 420.

Tihimatine - 606.

Tihoiiarène - 110, 127, 338, *347 - 352*, 369, 379, 381, 423, 428.

Tikertine - 284, 286, 393, 398, 408, 419.

Tiledenine - 571.

Tillik - 433, 578, *589 - 590*.

Ti-n-Akkor - 124, 130, *162 - 166*, 167, 193, 245, 251, 252, 358, 359, 366, 367, 368, 369, 370, 373, 392, 394, 397, *401, 409*, 414, 416, 419, 422.

Ti-n-Benguen - 571.

Ti-n-Erit - 298, *327 - 337*, 342, 379, 380, 393, 398, *409*, 410, 412, 419, 420, 422.

Ti-n-Ezzoua Nord - *145*, 366, 389, 416, 417.

Ti-n-Ezzoua Sud - 130, *145 - 155*, 167, *190 - 191*, 357, 362, 363, 384, 386, 387, 389, *402*, 405, 407, 408, *409*, 410, 414, 416, 418, 419.

Tinnirt - 41, 42, 45, 46, 52, *53 - 85*, 86, 103, 107, 112, 120, 122, 183, 184, 285, 421, 428.

Ti-n-Teganet - 429, 434, *593 - 594*.

Ti-n-Touafa - 41, 45 - 52, 53, 84, 86, 87, 88, 101, 110, 111, 114, 119, 122, 393.

Ti-n-Zaouatène (granite type ...) - 36, 38, 109.

Tioueiine - 16, 17, 124, 298, 299 - 326, 338, 347, 356, 363, 379, 380, 381, 383, 387, 389, 398, 401, 405, 406, 409, 410, 412, 414, 416, 417, 419, 420, 423-424, 546.

Tisselliline (de l'Ounane, Ahaggar NE) - 17, 414.

Tisselliline (du pluton de Ti-n-Touafa, Ahaggar NW) - 47, 55, 84, 85.

Tit-n-Enir - 433, 434, 551, 552, 553, 561 - 563, 590.

Tizzelkoukatine - 45, 47, 51, 85, 120.

Torak : voir à Taessa.

ANNEXE III

ANNEXE III

ANALYSES DE ROCHES

Cette annexe comprend trois séries de tableaux

- 1ère série (13 tableaux) : résultats bruts des analyses.
- 2ème série (11 tableaux) : paramètres de Niggli et de Lacroix, norme CIPW. Ces calculs ont été effectués par l'ordinateur IBM 1130 du BRGM.
- 3ème série (2 tableaux) : analyses supplémentaires, incomplètes, tirées de la bibliographie.

Abbréviations utilisées dans la première série de tableaux

Noms de roches. La plupart des abbréviations se suffisent à elles-mêmes. Précisons toutefois que : γf = granite fin, γm = granite à grain moyen, μγ = microgranite, s = syénite, alb = albitite.

Ligne "Référence texte". Les numéros d'ordre 1 à 114 sont ceux de mes échantillons personnels. Les lettres A à X désignent les analyses fournies par la bibliographie (la lettre M a été omise afin de prévenir toute confusion avec les analyses de micas m.1, m.2 ... de l'annexe IV).

Laboratoires d'analyses. Ils sont indiqués par la dernière ligne de chaque tableau :

* : BRMA et BRGM-Alger avant 1961 (MM. J. Tabourin et P. Lécuyer).

** : BRGM à Paris ou Orléans.

*** : BRGM-Alger (M. M. Nenouche) en 1963.

En ce qui concerne les analyses fournies par la bibliographie, le laboratoire d'origine est précisé lorsqu'il s'agit du BRMA ou quand les résultats étaient inédits.

NB : L'ordre d'étude des massifs n'est pas toujours respecté dans cette annexe III. En effet, le plan du mémoire a été remanié après la frappe des tableaux.

MASSIF	PLUTON DE TIN-TOUAFA								PLUTON DE TIG'ELAMINE [1]								
Zone ou unité	Tig'ettaouine		Tig'ett.sud ("Larme")		Zone médiane			Amag'ar	Axe	Est		Ouest		Auréole est			
ROCHE	γ	γ alc	γ	γ alc	γ			γ	γ porph.	γ gneiss.	γ	γ f	γ m	Cornéennes gneissiques			
REFERENCE TEXTE	1	2	3	4	A[1]	A[2]	A[3]	B	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N° d'échantillon	623 UR[6]	623 US[4]	623 UT[1]	623 UV[1]	T.T. 1077	T.T. 1020	T. 148	T. 220	645 AW	645 AX	645 AY	623 RE	623 RD	623 OA[1]	623 OA[6]	623 OA[7]	634 ZI[7]
					(Ranoux - Guérangé 1956)												
SiO_2	70,15	73,10	71,70	74,70	70,60	68,50	69,50	71,00	70,55	72,20	69,95	70,20	71,20				66,80
Al_2O_3	14,20	12,30	14,50	13,40	15,70	13,80	14,70	15,40	14,25	14,55	13,80	16,55	15,50				14,90
Fe_2O_3	2,90	1,45	0,80	1,05	1,50	3,00	2,00	0,60	0,65	0,40	0,40	0,56	0,56				-
FeO	0,40	0,60	1,00	0,45	1,35	2,00	1,20	2,10	1,75	1,00	2,70	1,42	1,17				4,75
MnO	0,08	0,06	0,07	0,06					0,05	0,05	0,10						0,10
MgO	1,25	0,90	0,85	tr.	0,75	1,20	1,00	0,60	0,30	0,50	0,70	0,43	0,40	2,65	2,20	2,50	2,05
CaO	2,30	0,95	1,20	0,80	2,35	4,65	4,80	2,50	1,85	1,90	2,55	2,47	2,22	2,45	2,00	2,15	4,45
Na_2O	4,35	4,30	4,25	4,45	3,75	3,00	3,30	3,70	3,40	4,50	3,60	3,65	4,00	4,00	4,55	4,30	2,70
K_2O	3,20	4,80	4,60	4,85	3,40	2,70	2,80	3,40	5,25	3,30	4,05	4,10	4,05	2,60	2,40	2,50	1,95
TiO_2	0,45	0,20	0,25	tr.	0,30	0,75	0,45	0,25	0,35	0,15	0,45	0,28	0,28				0,80
P_2O_5	0,25	0,15	0,10	0,10	0,24	0,40	0,22	0,20	0,35	0,25	0,35	0,12	0,27				0,20
H_2O^+ (ou PAF)	0,50	0,60	0,35	0,40	0,60	0,40	0,40	0,70	0,55	0,50	0,65	0,70	0,50				0,95
H_2O^-	0,05	0,15	0,10	tr.					0,15	0,20	0,15						-
TOTAL	100,08	99,56	99,77	100,26	100,54	100,40	100,37	100,45	99,45	99,50	99,45	100,48	100,15				99,65
Laboratoire :	**	**	**	**	*	*	*	*	**	**	**	***	***	**	**	***	**

[1] "Voir aussi le tableau suivant".

M A S S I F	TIG'ELAMINE	TI-N-ZAOUATENE	IFORAS		IMEZZARENE		TIHOIIARENE			
Référence texte	C	D	E^1	E^2	F^1	F^2	G^1	G^2	G^3	G^4
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	Lelubre, inédit	13 (Lelubre)	A.191 (Karpoff)	D.203	H.11-1 p.107 (Gravelle)	H.12-1 p.14	H.11-1 p.146	H.11-1 p.61	H.12-1 p.11 (Gravelle)	H.12-1 p.13
SiO_2	65,67	68,50	66,85	73,80	70,20	69,20	75,20	74,20	75,50	74,30
Al_2O_3	15,62	17,00	16,00	14,00	15,00	15,60	12,80	14,30	13,60	13,80
Fe_2O_3	1,00	0,60	1,65	1,25	0,75	0,70	0,75	0,40	0,60	0,55
FeO	2,85	1,40	2,65	0,40	2,20	3,15	1,30	1,20	1,25	1,25
MnO	0,04	0,02	0,05	tr.						
MgO	2,38	0,45	1,25	0,30	0,85	0,65	0,15	0,15	0,10	0,10
CaO	4,35	2,95	2,65	1,58	2,00	2,10	1,10	0,90	0,95	1,00
Na_2O	4,25	5,00	1,68	3,50	3,40	3,10	3,70	3,70	2,85	3,80
K_2O	2,13	3,00	4,50	4,10	4,40	4,30	4,70	4,50	4,25	4,05
TiO_2	0,94	0,50	1,05	0,25	0,30	0,40	0,10	0,10	0,10	0,07
P_2O_5	0,12	0,11	0,26	0,06	0,06	0,10	0,05	0,04	0,09	0,07
H_2O^+ (ou PAF)	0,14	0,18	0,70	0,30	0,80	0,85	0,40	0,70	0,65	1,10
H_2O^-	0,84	0,35	0,05	0,30						
TOTAL	100,33	100,06	99,34	99,84	99,96	100,15	100,25	100,19	99,94	100,09
Laboratoire :	Serv. Mines, Alger	/			*	*	*	*	*	*

MASSIF	COMPLEXE DE TESNOU																
Unité	Unité 1				Unités 2 - 3 (Ti-n-Ezzoua)					U.3	U.4	Unité 6				U.6(?)	Ti-n-Akkor
	ARHELAD		ATARAM	ADRAR TESNOU	Massif nord	Enclave	Anneau médian	Corps central									
N° D'ORDRE	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	H	29
N° d'échantillon	623 NG[2]	623 NG[2]bis	623 QN	623 NL[1]	623 RA	623 RW	623 RX	590 EM	623 RV	623 PN	623 PJ[1]	623 PQ[3]	623 PT[1]	623 PU	623 PW	"N" Lelubre	623 OX[1]
SiO_2	71,50	73,20	73,30	70,00	71,05	69,40	70,00	72,40	71,20	74,00	73,04	74,00	74,10	74,05	74,55	74,26	70,00
Al_2O_3	15,65	14,00	15,27	15,73	16,20	15,87	16,08	14,05	16,66	14,57	15,12	15,30	14,90	15,04	14,68	13,59	16,45
Fe_2O_3	0,20	0,30	0,24	0,12	0,14	0,25	0,14	0,30	0,16	0,33	0,22	0,07	0,41	0,34	0,33	0,74	0,46
FeO	2,08	1,75	1,63	2,40	1,72	2,04	1,72	1,80	1,36	0,86	1,31	0,77	0,72	0,69	0,54	0,96	1,75
MnO		0,05														0,09	
MgO	0,38	0,85	0,46	0,49	0,32	0,64	0,52	0,25	0,43	0,23	0,24	0,17	0,14	0,12	0,14	0,11	0,49
CaO	1,62	1,65	1,51	1,92	1,55	2,51	1,85	1,45	1,48	1,07	1,25	0,88	0,81	0,66	0,44	0,76	2,40
Na_2O	3,65	3,55	3,10	3,70	3,75	3,75	3,90	3,70	3,35	4,40	3,80	3,85	4,30	4,65	4,40	3,96	3,35
K_2O	4,30	5,00	4,50	4,70	4,65	4,40	4,80	5,10	4,90	4,45	4,90	4,55	4,35	4,40	4,45	5,03	4,90
TiO_2	0,32	0,30	0,08	0,40	0,08	0,48	0,32	0,16	0,04	0,04	0,04	tr.	tr.	tr.	tr.	0,09	0,12
P_2O_5	0,18	0,15	0,14	0,39	0,27	0,36	0,27	0,09	0,12	0,19	0,14	0,08	0,05	0,08	0,24	0,05	0,28
PAF (*)	0,50	0,50	0,10	0,60	0,20	0,70	0,70	0,90	0,10	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,37	0,20
H_2O^-																0,09	
TOTAL	100,38	100,40	100,33	100,45	99,93	100,40	100,30	100,20	99,80	100,44	100,36	99,97	100,08	100,33	99,97	100,10	100,40
(*) H_2O^+ pour l'analyse G																	
Laboratoire :	***	**	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***		***

MASSIF	COMPLEXE D'ISEDDIENE - IMEHELLATENE														SILEDRAR	
	Imehellatène						Iseddiène									
Unité	Sud	Médian			Nord	Médian	Nord	"Ovale" (centre)				"Ovale" (couronne)			Périph.	Centre
ROCHE	dior. quartz.	grano-dior.	γ	γ	γ alc.	alb.	γ alc.	γ grossier		γ fin		γ	apl.	?	γ	γ
REF. TEXTE	30	31	32	33	34	I	35	36	36 bis	37	37 bis	38	39	J	40	41
N° d'échantillon	634 ZH^{23}	634 ZH^{32}	68 IR	68 IT	634 ZH^{33}	"I" (Ranoux 1959)	590 WQ^{1}	590 WO	590 WO	590 WJ^{1}	590 WJ^{1}	590 WN^{1}	634 ZF^{10}	"M" Lelubre	590 EW	590 EV
SiO_2	55,40	67,65	69,90	72,65	74,50	65,60	74,40	72,60	73,40	71,50	73,85	74,90	76,35	71,26	73,00	71,90
Al_2O_3	15,00	15,30	14,45	14,20	12,70	15,60	13,25	14,30	13,10	14,60	12,70	13,30	12,85	15,55	13,80	14,00
Fe_2O_3	4,60	1,10	1,40	1,05	0,35	3,30	0,75	0,65	0,10	0,70		0,55	0,50	0,29	0,30	0,55
FeO	7,00	1,85	1,30	0,90	0,80	1,50	0,80	1,75	1,60	1,60	1,60	1,30	0,55	1,01	1,95	2,00
MnO	0,15	0,05	0,04	0,04	0,05				0,05		0,10		0,03	0,05		
MgO	3,30	1,35	0,70	0,45	0,55	0,30	0,15	0,30	0,60	0,30	0,60	0,15	0,20		0,20	0,35
CaO	5,60	2,95	1,65	1,20	1,15	3,65	0,75	1,55	1,55	1,75	1,60	1,00	0,90	1,04	1,10	1,50
Na_2O	2,10	3,70	3,55	3,65	4,15	9,20	4,20	3,60	3,85	3,50	3,50	3,55	3,50	4,34	4,00	3,50
K_2O	2,30	4,45	5,00	5,00	4,75	0,30	5,10	4,65	5,00	5,30	5,20	4,75	4,85	5,85	5,20	5,25
TiO_2	2,20	0,65	0,45	0,30	0,10	0,40	0,05	0,23	0,25	0,20	0,25	0,10	0,13	0,12	0,18	0,20
P_2O_5	0,70	0,15	0,20	0,13	-	0,08	0,06	0,07	0,15	0,07	0,10	0,03	0,03	0,09	0,06	0,13
H_2O^+	1,15	0,65	0,75	0,35	0,60	non précisé	0,80	0,65	0,50	0,75	0,60	0,65	0,35	0,42	0,60	0,65
H_2O^-	0,05	0,05	0,10	0,20	0,05								0,15	0,15		
TOTAL	99,55	99,90	99,49	100,12	99,75	non précisé	100,31	100,35	100,15	100,27	100,10	100,28	100,39	100,17	100,39	100,03
Laboratoire :	**	**	**	**	**	*	*	*	**	*	**	*	**		*	*

MASSIF	ELBEMA EST			TIHALIOUINE					TEG'ORAK				
Secteur				Centre nord		Centre		Périph.	Périphérie			Interm	Centre
ROCHE	γ	γf	apl.	granodior.		γ	γ	γ alc.	γ	γ alc.		γ	γ
REF. TEXTE	42	43	44	45	46	47	47bis	48	49	50	50 bis	51	52
N° d'échantillon	590 ZN²	590 ZQ²	590 ZU	589 MJ	589 MG	589 MN	589 MN	589 MF	589 OB	589 PR	589 PR	589 PH	589 PG
SiO_2	72,50	72,20	75,00	65,70	67,90	70,00	69,00	74,00	72,00	74,10	74,00	70,60	71,80
Al_2O_3	14,50	14,60	14,00	16,60	15,90	15,90	14,40	14,00	14,50	13,30	13,70	15,00	14,70
Fe_2O_3	0,25	0,25	0,40	0,95	1,10	0,75	1,35	1,10	0,35	1,10	0,40		0,55
FeO	1,85	1,75	0,80	3,10	2,90	2,30	1,85	1,00	1,55	1,20	1,40	1,80	1,65
MnO							0,05						
MgO	0,25	0,30	0,15	1,05	0,50	0,40	1,00	0,20	0,45	0,20	0,23	0,45	0,60
CaO	1,40	1,70	0,70	2,55	2,40	2,20	2,20	0,85	1,20	0,50	0,63	1,85	1,40
Na_2O	3,50	3,60	5,40	4,35	4,20	3,80	4,00	4,80	3,80	4,80	4,90	4,10	3,60
K_2O	4,50	4,40	2,75	4,30	4,00	3,95	4,35	4,10	5,20	4,85	4,60	5,60	5,10
TiO_2	0,15	0,22	0,01	0,55	0,42	0,30	0,40	0,03	0,15	0,02	0,08	0,20	0,18
P_2O_5	0,07	0,04	0,06	0,18	0,18	0,15	0,20	0,08	0,06	0,02	0,09	0,10	0,10
H_2O^+	0,70	1,00	0,90	1,00	0,75	0,70	1,10	0,40	0,85	0,35	0,20	0,50	0,80
TOTAL	99,67	100,06	100,17	100,33	100,25	100,45	99,90	100,56	100,11	100,44	100,23	100,20	100,48
	*	*	*	*	*	*	**	*	*	*	*	*	*

MASSIF	TAHARHAÏT - N - ABROR				TI-N-ERIT			T I O U E I I N E									
Secteur	Médian		Nord		S.E.	Centre	Relief	Périphérie		Zone intermédiaire		filons annulaires				Centre		
	Péri.	Cent.	Centre	Périph														
ROCHE	γ	γ	γ	γ alc.	dq	γ	γ alc.	γ	γ	γ	γ apl.	s	s	γ	apl.	γ	γf	γf
REF. TEXTE	53	54	55	56	57	58	59	K	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
N° d'échantillon	623 VV	623 VX	623 VS	623 VU	623 VN[1]	623 VO	623 VP	16 Lelubre	578 FXX	578 FL	590 XT[2]	590 YG	578 FY	578 FZ	578 ER	578 CA	578 FS	590 YB
SiO_2	68,90	70,30	71,50	75,30	52,75	69,25	74,00	73,54	72,10	71,50	73,50	63,10	62,50	71,20	72,90	69,90	68,20	69,10
Al_2O_3	14,60	13,80	13,70	12,40	14,75	16,70	12,44	14,55	13,80	14,00	13,60	16,20	17,10	14,30	13,80	13,70	15,20	14,90
Fe_2O_3	1,00	0,80	1,50	1,40	3,70	0,60	1,05	tr.	0,90	0,70	1,40	2,50	1,70	1,60	1,00	1,10	1,10	1,00
FeO	1,60	1,90	1,10	0,70	8,80	1,51	1,35	1,05	1,70	1,90	0,90	3,30	3,60	1,45	0,90	2,25	2,40	2,30
MnO	0,09	0,08	0,05	0,03	0,20		0,05	tr.										
MgO	1,65	1,55	1,40	0,15	3,30	0,26	0,80	0,60	0,50	0,80	0,50	0,45	0,75	0,40	0,50	0,95	0,90	0,85
CaO	2,00	1,85	1,70	0,95	6,30	1,65	0,80	1,10	1,10	1,40	1,20	1,80	1,55	0,70	0,75	1,90	2,55	2,45
Na_2O	3,95	4,05	4,15	4,25	3,80	4,00	4,30	3,60	4,70	4,70	3,70	5,90	6,20	5,50	6,00	4,80	4,80	3,90
K_2O	4,60	4,30	4,30	4,45	2,00	5,00	5,00	5,30	4,50	4,10	4,30	5,60	5,40	4,20	3,30	4,30	3,80	4,20
TiO_2	0,45	0,30	0,35	0,25	2,70	0,24	0,15	0,20	0,15	0,20	0,10	0,35	0,25	0,15	0,05	0,25	0,35	0,40
P_2O_5	0,15	0,30	tr.	0,15	0,75	0,24	0,10	0,04	0,35	0,40	0,03	0,04	0,30	0,45	0,45	0,43	0,45	0,06
H_2O^+ (*)	0,50	0,60	0,30	0,45	0,70	0,60	0,25	0,14	0,40	0,50	1,00	0,90	0,80	0,40	0,50	0,45	0,60	0,90
H_2O^-	0,20	0,10	0,20	0,15	0,05		0,10	0,25										
TOTAL	99,69	99,93	100,25	100,63	99,80	100,05	100,39	100,37	100,20	100,20	100,23	100,14	100,15	100,35	100,15	100,03	100,35	100,06
(*) PAF pour l'analyse 58																		
	**	**	**	**	**	***	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

ANNEXE III, 1ère SERIE (7)

MASSIF	ISKEL (Analyses in : M. GRAVELLE, 1969)														
	Complexe gabbro-dioritique au S.W.				Granites de l'Adrar Iskel, et "enclaves mésocrates" (*)							Microgranites porphyriques et granophyres			
REF. TEXTE	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5	L^6	L^7	L^8	L^9	L^{10}	L^{11}	L^{12}	L^{13}	L^{14}	L^{15}
N° d'échantillon	H.10-1 p.150	H.10-1 p.151	H.10-2 p.172	H.10-3 p.172	H.11-2 p.17	H.11-2 p.18	H.11-1 p.39	H.11-2 p.63*	H.11-1 p.64	H.11-2 p.66*	H.11-1 p.71	H.11-1 p.18	H.11-1 p.19	H.11-2 p.39	H.11-1 p.47
SiO_2	47,50	52,00	51,00	49,50	73,20	72,00	73,50	59,60	59,10	55,40	73,00	72,70	73,50	74,80	71,80
Al_2O_3	19,80	19,40	17,30	16,60	13,70	14,30	14,20	18,00	17,30	16,50	14,00	14,70	14,30	14,70	14,40
Fe_2O_3	1,85	2,15	0,80	3,80	1,45	0,75	1,45	0,55	1,55	0,75	1,00	0,75	0,75	0,65	0,55
FeO	5,55	7,10	7,70	6,40	1,75	2,15	1,40	4,70	5,25	6,20	1,30	1,85	1,70	1,25	1,90
MgO	8,90	4,30	7,00	5,50	0,25	0,25	0,30	3,00	1,60	3,90	0,30	0,20	0,30	0,20	0,65
CaO	12,10	7,70	9,20	8,80	0,90	1,05	0,65	5,90	3,65	4,95	1,00	1,45	1,35	0,80	2,10
Na_2O	2,00	2,30	2,60	2,60	3,75	3,80	4,00	4,60	4,10	3,35	3,60	4,20	3,20	6,80	3,90
K_2O	0,60	1,00	1,20	1,30	4,30	5,20	3,70	2,00	5,10	3,35	5,40	3,90	3,80	0,10	3,95
TiO_2	0,70	1,60	1,30	4,30	0,18	0,25	0,16	0,80	0,75	1,00	0,20	0,06	0,12	0,06	0,14
P_2O_5	0,04	0,25	0,10	0,03	0,03	0,08	0,09	0,12	0,16	0,19	0,10	0,04	0,09	0,08	0,07
PAF	1,30	2,20	2,30	1,80	0,70	0,85	0,70	1,00	1,60	4,40	0,60	0,55	1,00	0,60	0,80
TOTAL	100,34	100,00	100,50	100,63	100,21	100,68	100,15	100,27	100,16	99,99	100,50	100,40	100,11	100,04	100,26
Laboratoire :	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

ANNEXE III, 1ère SERIE (8)

MASSIF	AOUILENE			
ROCHE	μγ	μγ	γf	γg
REF. TEXTE	70	71	72	73
N° d'échantillon	590 ZF[4]	590 ZF[8]	590 ZB[1]	590 ZK
SiO_2	67,50	68,50	70,50	71,90
Al_2O_3	15,60	15,30	14,10	12,50
Fe_2O_3	1,60	1,10	0,70	1,85
FeO	2,30	2,40	2,25	1,95
MgO	1,00	0,90	0,75	0,70
CaO	2,20	2,10	1,85	1,70
Na_2O	4,20	4,20	3,80	4,00
K_2O	4,30	4,30	5,00	4,60
TiO_2	0,40	0,38	0,28	0,22
P_2O_5	0,07	0,09	0,07	0,06
H_2O^+	1,10	1,00	0,90	0,80
TOTAL	100,27	100,27	100,20	100,28
Laboratoire :	*	*	*	*

MASSIF	AHELEHEG' (échantillons J. DIDIER)												I-N-TOUNINE (1ère partie)						
ROCHE	γ grossier				μγ	Enclaves microgrenues							γ grossier courant			γ alc. évolués Nord			
REF. TEXTE	74	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	75	75bis	76	77	78	79	79bis
N° d'échantillon	Ahe. 11	Ahe. 1	Ahe. 15	Ahe. 29	Ahe. 58	Ahe. 26	Ahe. 14	Ahe. 3	Ahe. 28	Ahe. 14bis	Ahe. 9	Ahe. 42	261	261	262	268	269	270	270
SiO_2	71,70	73,05	73,00	71,50	72,40	72,60	70,90	71,40	70,45	69,20	66,60	64,75	74,30	75,25	74,00	74,40	74,40	72,80	72,25
Al_2O_3	13,40	14,35	13,90	14,95	14,30	13,85	14,70	14,80	14,45	15,00	14,80	16,20	13,20	11,75	12,80	13,90	14,20	15,60	15,00
Fe_2O_3	0,35	0,45	0,05	0,55	0,70	1,20	0,65	0,80	0,70	0,30	1,10	0,50	0,10	0,35	0,85	0,10	0,30	0,40	0,45
FeO	2,50	1,85	2,55	2,45	2,00	1,25	2,70	1,80	3,15	3,50	4,95	5,80	2,25	1,50	2,35	1,60	1,45	1,40	1,05
MnO	0,04	tr.						0,05			0,05	0,05		0,02					0,04
MgO	0,55	0,45	0,60	0,70	0,50	1,00	0,60	0,65	0,80	0,60	1,25	1,15	0,30	0,65	0,30	0,20	0,25	0,20	0,65
CaO	1,35	1,05	1,25	1,25	1,25	0,85	1,35	0,90	1,40	1,80	2,50	3,45	1,00	1,05	1,20	1,00	1,00	0,70	0,85
Na_2O	3,30	3,20	3,20	3,30	3,35	3,35	3,40	3,95	3,30	3,80	3,10	3,95	3,10	3,05	3,40	4,20	3,50	4,90	4,85
K_2O	6,00	4,35	4,60	4,00	4,75	4,80	4,15	4,35	4,00	3,80	3,60	2,00	5,20	5,60	4,70	4,20	4,20	3,60	4,25
TiO_2	0,37	0,25	0,35	0,30	0,30	0,20	0,45	0,30	0,55	0,50	0,85	0,80	0,18	0,10	0,15	0,06	0,07	0,05	-
P_2O_5	0,14	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,10	0,10	0,05	0,20	0,25	0,25	0,15	0,10	0,15	0,12	0,15	0,12	0,05
H_2O^+	0,35	0,40	0,60	0,60	0,40	0,70	0,70	0,55	0,60	0,75	0,45	1,35	0,50	0,45	0,60	0,50	0,60	0,50	0,45
H_2O^-	-	0,15	-	0,10	-	0,10	0,05	-	0,05	-	0,20	0,15							
TOTAL	100,05	99,60	100,15	99,80	100,00	99,95	99,75	99,65	99,50	99,45	99,70	100,40	100,28	99,87	100,50	100,28	100,12	100,27	99,94
Laboratoire :	**	----------				E. Ciceri, Clermont-Ferrand						----------	*	**	*	*	*	*	**

MASSIF	I-N-TOUNINE (suite) : REGION SUD-EST								I-N-TOUNINE (1)								
ROCHE	γm		μγ apicaux				γcord.	γ alc.	γ grossier			γm ?		μγ	γcord.	γ alc.	
REF. TEXTE	80	81	82	83	84	85	86	87	0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
N° d'échantillon	263	264	288	223	265	141	266	267	22	391	200-P	51-P	2878	109-P	2875	(35-P)	2884
SiO_2	73,20	73,20	72,20	69,00	71,30	69,40	72,00	73,40	73,00	72,93	71,45	69,63	70,78	72,60	69,85	72,62	72,59
Al_2O_3	13,00	13,50	13,50	16,60	15,00	15,10	14,30	14,40	15,25	14,55	14,56	14,78	13,65	13,92	16,68	15,23	14,87
Fe_2O_3	0,50	0,55	0,45	0,60	0,20	0,60	0,70	0,60	0,30	0,60	0,73	0,71	1,14	0,36	tr.	0,96	0,70
FeO	2,25	2,35	2,65	2,90	3,00	1,80	2,25	1,35	1,45	1,35	2,88	3,36	2,83	1,85	2,31	0,90	0,93
MnO									0,05	0,10	0,10	-	0,08	0,04	0,03	-	0,12
MgO	0,30	0,25	0,40	0,60	0,40	0,60	0,36	0,30	0,40	0,20	0,26	0,46	0,34	0,21	0,46	0,12	0,18
CaO	1,10	1,25	1,45	1,65	1,20	2,50	1,25	0,80	1,00	0,97	1,18	1,68	1,20	1,05	1,65	0,85	0,81
Na_2O	4,10	3,30	2,90	3,40	3,50	3,60	3,20	4,25	3,00	4,00	3,70	3,61	4,00	4,00	3,60	4,51	4,90
K_2O	4,90	4,90	5,60	4,60	4,50	4,70	5,00	4,45	5,50	3,90	4,80	4,92	4,90	4,70	4,90	4,16	3,90
TiO_2	0,12	0,22	0,20	0,25	0,28	0,10	0,25	0,05	0,25	0,22	0,11	0,13	0,21	0,15	0,26	0,07	0,10
P_2O_5	0,20	0,19	0,10	0,45	0,22	0,10	0,22	0,20	0,08	tr.	0,08	0,26	0,06	0,12	0,11	0,12	tr.
H_2O^+ (*)	0,80	0,50	0,60	0,60	1,00	1,20	0,80	0,50	0,20	1,00	0,30	0,55	0,55	0,60	0,65	0,69	0,70
H_2O^-									0,30								
TOTAL	100,47	100,21	100,05	100,65	100,60	99,70	100,33	100,30	100,78	99,82	100,15	100,09	99,74	99,60	100,50	100,23	99,80
(*) PAF pour les analyses p1 à p8																	
Laboratoire :	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*

(1) "0" : *in Lelubre 1952*. "P1 à P8" : *in Illy-Launey (1955)*.

ANNEXE III, 1ère SERIE (11)

MASSIF	ABDAS-SENE	I-N-EKOULMOU		TI-N-TEGA-NET	TA-N-AFELLA	
REF. TEXTE	Q [1]	R [1]	S [1]	T [1]	U [1]	V [1]
Référence échantillon	AS. 208	I.E. 587	469	AS. 206	23	GH
SiO_2	69,50	73,60	77,30	74,10	75,00	76,20
Al_2O_3	15,70	13,70	12,85	14,90	13,20	12,50
Fe_2O_3	2,20	0,60	0,55	0,80	0,90	0,57
FeO	2,00	1,70	0,61	1,10	0,50	0,76
MnO			tr.		0,08	0,04
MgO	0,30	0,14	0,30	0,05	0,45	0,03
CaO	2,00	1,60	0,70	0,80	0,90	0,60
Na_2O	2,70	3,90	4,45	3,80	3,70	3,75
K_2O	4,70	3,80	3,70	3,60	5,00	4,70
TiO_2	0,30	0,10	tr.	0,05	0,15	0,05
P_2O_5	0,17	0,06	0,05	0,13	0,07	0,01
H_2O^+	0,80	0,90	0,22	0,60	0,15	0,30
H_2O^-			0,08		0,45	0,05
TOTAL	100,37	100,10	100,81	99,93	100,55	99,72
Laboratoire :		*	*			

1 Q et T : in Rapport mission hélico, 1957
R : in Rapport mission Royer, 1957
S : in J. Maisonneuve 1955
U : in Lelubre 1952
V : in Roubault et al., 1964

ANNEXE III, 1ère SERIE (12)

M A S S I F	BAOUINET NORD		"ADRAR MARIE - LOUISE"				"TILLIK"
Secteur	Centre	Nord	Milieu	Nord	Sud	Milieu	
ROCHE	γ	γ alc.	γ	μγ	γ alc.	Apl.	γ alc.
REF. TEXTE	88	89	90	91	92	93	94
Référence échantillon	590 CJ	590 CA	589 JM	589 JC	589 BU	590 BG	T-B 464
SiO_2	72,60	74,00	73,00	71,30	74,30	77,20	72,60
Al_2O_3	14,40	14,10	14,00	14,40	14,00	12,30	15,70
Fe_2O_3	1,40	0,40	0,20	0,75	0,40	0,45	0,20
FeO	1,45	1,50	2,00	2,00	1,20	0,45	0,90
MnO						0,03	
MgO	0,20	0,10	0,25	0,60	0,05	0,07	0,15
CaO	1,40	0,80	0,95	1,55	0,80	0,65	0,60
Na_2O	3,40	4,40	3,90	3,50	4,20	4,00	5,70
K_2O	4,20	4,05	4,90	5,00	4,40	4,10	3,60
TiO_2	0,12	0,05	0,15	0,28	0,05	0,13	0,01
P_2O_5	0,08	0,07	0,10	0,09	0,13	0,02	0,04
H_2O^+	1,05	0,65	1,00	0,90	0,70	0,30	0,60
H_2O^-						0,15	
TOTAL	100,30	100,12	100,45	100,37	100,23	99,85	100,10
Laboratoire :	*	*	*	*	*	**	*

MASSIF	"RENAISSANCE"				"TIT-N-ENIR"				"SEDIS"		"OUA-N-RECHLA"	
ROCHE	γg	γm	γf	Aplite	γg	γf	γm alc.	γf alc.	γg	γf	γ albitique	
REF. TEXTE	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	W	105
N° d'échantillon	L.1108	L.1078	L.1107	L.1109	L.1190	L.1184	L.1186	L.1188	L.1154	L.1152	L.322 [1]	L.1211
SiO_2	73,00	73,20	73,20	72,00	74,00	71,80	73,90	73,70	73,60	74,10	71,00	72,50
Al_2O_3	15,00	15,30	15,70	17,30	14,20	15,30	14,30	15,10	14,20	14,50	16,90	15,30
Fe_2O_3	0,15	0,70	0,35	0,30	0,80	0,65	0,65	0,50	0,65	0,75	1,00	0,15
FeO	1,70	1,00	1,10	0,60	1,40	1,85	1,40	1,30	1,40	1,10	0,55	0,80
MnO											0,10	0,35
MgO	0,15	0,20	0,15	0,15	0,20	0,30	0,25	0,15	0,35	0,20	0,15	0,05
CaO	1,00	0,50	0,70	0,55	1,14	1,55	1,00	0,85	0,85	0,75	0,30	0,10
Na_2O	3,90	4,40	4,60	4,70	3,00	3,30	3,30	3,50	3,70	3,90	5,50	6,20
K_2O	4,50	4,20	3,50	3,70	4,40	4,15	4,15	4,10	4,00	3,60	3,10	4,50
TiO_2	0,08	0,02	0,02	0,02	0,10	0,22	0,09	0,05	0,06	0,04	0,05	0,02
P_2O_5	0,03	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,10	0,12	0,12	0,08
H_2O^+	0,80	0,60	0,70	0,70	0,80	1,00	0,90	0,70	1,00	0,90	1,60	
Li_2O												0,20
TOTAL	100,31	100,19	100,08	100,08	100,10	100,18	100,00	100,02	99,91	99,96	100,37	100,25
Laboratoire :	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

[1] *In : rapport J.P. Bonnici, 1963.*

ANNEXE III, 2ème SERIE (1)

MASSIF	TI - N - TOUAFA								TIG'ELAMINE						T.Z.	IFORAS	
Référence Texte	1	2	3	4	A^1	A^2	A^3	B	5	6	7	8	9	C	D	E^1	E^2
si	324,94	394,76	364,12	429,17	337,35	292,19	305,21	344,85	362,05	379,52	338,12	337,83	356,94	251,76	308,00	301,74	418,05
al	38,69	39,07	43,31	45,28	44,13	34,62	37,97	43,99	43,01	44,99	39,23	46,85	45,70	35,22	44,96	42,48	46,65
fm	20,93	16,41	14,35	7,26	16,12	24,38	17,56	15,05	12,72	10,34	18,21	10,82	10,00	25,92	10,45	24,39	9,74
c	11,41	5,49	6,52	4,92	12,03	21,25	22,58	13,01	10,17	10,70	13,20	12,73	11,92	17,86	14,21	12,81	9,58
alk	28,96	39,01	35,79	42,52	27,71	19,73	21,87	27,93	34,08	33,96	29,33	29,59	32,36	20,98	30,36	20,30	34,01
Q	26,51	27,56	25,40	29,04	29,91	30,97	29,58	29,40	26,18	28,63	26,30	26,90	27,23	19,71	20,67	32,12	34,09
Or	18,92	28,39	27,20	28,68	20,11	15,97	16,56	20,11	31,05	19,51	23,95	24,25	23,95	12,59	17,74	26,61	24,25
Ab	36,76	36,34	35,91	37,60	31,69	25,35	27,89	31,27	28,73	38,03	30,42	30,84	33,80	35,91	42,25	14,19	29,58
An	9,73	0,04	5,36	2,22	10,25	16,17	16,98	11,23	7,12	7,96	9,49	11,55	9,43	17,21	13,99	11,62	7,49
Di	0,16	2,94	0,00	0,13	0,00	3,54	4,31	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	2,96	0,00	0,00	0,00
Hy	3,04	0,88	3,01	0,00	2,61	1,35	0,50	4,44	2,93	2,59	5,33	2,75	2,22	7,43	2,40	4,98	0,74
Cor	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,34	0,64	0,00	1,85	1,06	0,00	0,38	4,08	1,04
Min.	3,82	2,29	1,62	1,52	2,73	5,73	3,64	1,33	1,60	0,85	1,42	1,34	1,34	3,23	1,81	4,38	1,89
Ap.	0,54	0,32	0,21	0,21	0,52	0,87	0,48	0,43	0,76	0,54	0,76	0,26	0,58	0,26	0,24	0,56	0,13
p	I'	I'	I	I	I	I(II)	I'	I	I	I	I'	I	I	(I)II	I	I(II)	I
q	4	4	4	4	'4	(3) 4	'4	'4	4	4	4	4	4	4	4	3 (4)	(3) 4
r	2	1	(1) 2	1	2	'3	'3	2	2	2	2	2	2	(2) 3	2	2 (3)	2
s	'4	3'	3'	3'	(3) 4	(3) 4	(3) 4	3 (4)	3	'4	3'	3'	3 (4)	4	4	2 (3)	3'

ANNEXE III, 2ème SERIE (2)

MASSIF	IMEZZARENE		TIHOIIARENE				TESNOU								
Référence Texte	F^1	F^2	G^1	G^2	G^3	G^4	14	15	16	17	18	19	20	21	22
si	338,54	324,94	438,24	427,56	468,06	435,62	363,46	367,50	391,96	337,90	358,73	325,67	339,85	386,04	362,27
al	42,55	43,08	43,87	48,47	49,59	47,59	46,79	41,86	48,03	44,66	48,11	43,80	45,92	44,06	49,86
fm	17,70	19,36	10,90	8,78	10,17	9,40	12,47	15,46	11,91	13,63	10,19	13,36	11,25	11,19	9,65
c	10,33	10,56	6,86	5,55	6,31	6,28	8,82	8,98	8,65	9,93	8,38	12,62	9,62	8,28	8,06
alk	29,41	26,97	38,34	37,18	33,91	36,71	31,90	33,68	31,40	31,76	33,30	30,20	33,19	36,45	32,40
Q	26,87	27,44	32,70	32,65	39,97	33,82	28,83	26,94	33,28	25,00	27,02	24,10	23,77	26,87	28,42
Or	26,02	25,43	27,79	26,61	25,13	23,95	25,43	29,57	26,61	27,79	27,50	26,02	28,39	30,16	28,98
Ab	28,73	26,19	31,27	31,27	24,08	32,11	30,84	30,00	26,19	31,27	31,69	31,69	32,96	31,27	28,31
An	9,57	9,83	4,39	4,23	4,18	4,55	6,98	7,31	6,67	7,24	6,10	10,34	7,59	6,61	6,64
Di	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Hy	5,04	6,16	1,62	2,07	1,88	1,97	4,07	4,68	3,80	4,86	3,70	4,34	3,80	3,39	3,37
Cor	1,11	2,22	0,00	1,77	2,76	1,48	2,41	0,05	2,83	1,88	2,74	1,13	1,66	0,00	3,39
Min.	1,64	1,76	1,26	0,75	1,04	0,92	0,88	0,99	0,49	0,92	0,35	1,27	0,80	0,73	0,30
Ap.	0,13	0,21	0,10	0,08	0,19	0,15	0,39	0,32	0,30	0,85	0,58	0,78	0,58	0,19	0,26
p	I'	I'	I	I	I	I	I	I	I	I'	I	I'	I	I	I
q	4	4	'4	(3) 4	3'	(3) 4	'4	4	(3) 4	4	4	4	4	4	4
r	2	2	(1) 2	1 (2)	(1) 2	(1) 2	2	2	2	2	'2	2	2	'2	'2
s	3	3	3	3	3	3'	3'	3	3	3	3	3'	3	3	3

ANNEXE III, 2ème SERIE (3)

MASSIF	TESNOU (suite)								IMEHELLATENE						ISED. Nord
Référence Texte	23	24	25	26	27	28	H	29	30	31	32	33	34	I	35
si	408,28	391,52	422,32	418,92	414,31	435,64	423,77	330,87	168,84	293,39	346,97	389,70	423,54	248,89	428,28
al	47,28	47,67	51,36	49,55	49,50	50,46	45,61	45,73	26,89	39,03	42,19	44,80	42,47	34,81	44,86
fm	7,22	8,66	5,41	6,31	5,65	5,30	9,54	11,99	44,15	19,41	16,13	12,23	10,45	15,84	8,37
c	6,32	7,17	5,38	4,90	3,95	2,75	4,64	12,15	18,28	13,70	8,77	6,89	7,00	14,83	4,62
alk	39,16	36,47	37,83	39,22	40,89	41,48	40,19	30,10	10,66	27,84	32,89	36,06	40,06	34,50	42,13
Q	28,69	28,54	31,66	30,20	28,35	31,08	29,80	25,41	16,63	20,86	25,80	29,22	29,22	6,69	28,70
Or	26,32	28,98	26,91	25,72	26,02	26,32	29,75	28,98	13,60	26,32	29,57	29,57	28,09	1,77	30,16
Ab	37,18	32,11	32,53	36,34	39,29	37,18	33,46	28,31	17,74	31,27	30,00	30,84	35,07	77,75	35,49
An	4,19	5,38	3,89	3,72	2,80	0,77	3,47	10,26	23,68	11,94	7,01	5,19	1,95	0,37	2,19
Di	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46	0,00	0,00	3,07	1,61	0,99
Hy	1,81	2,75	1,77	1,33	1,28	1,06	1,44	3,85	13,93	4,17	2,31	1,48	0,96	0,00	0,63
Cor *	0,96	1,57	2,59	1,73	1,58	2,32	0,34	1,85	0,35	0,00	0,60	0,86	0,00	* 6,33	0,00
Min.	0,54	0,38	0,10	0,59	0,49	0,47	1,24	0,88	10,83	2,82	2,87	2,08	0,68	5,18	1,17
Ap.	0,41	0,30	0,17	0,10	0,17	0,52	0,10	0,61	1,52	0,32	0,43	0,28	0,00	0,17	0,13
p	I	I	I	I	I	I	I	I	II	I'	I	I	I	I (II)	I
q	4	4	'4	'4	4	'4	4	4	4	4	4	4	4	'5	4
r	1 (2)	(1) 2	1 (2)	1 (2)	1'	1	1	2	3 (4)	2	'2	(1) 2	1	1	1
s	3 (4)	3	3	3 (4)	3 (4)	3 (4)	3	3	3'	3	3	3	3'	5	3

ANNEXE III, 2ème SERIE (4)

MASSIF	ISEDDIENE							SILEDRAR		ELBEMA EST			TIHALIOUINE (1)	
Référence Texte	36	36 bis	37	37 bis	38	39	J	40	41	42	43	44	45	46
si	383,71	393,00	365,88	403,69	438,44	471,58	368,47	391,70	374,77	394,17	384,08	437,11	270,12	301,32
al	44,45	41,25	43,94	40,83	45,79	46,68	47,29	43,55	42,92	46,37	45,68	47,99	40,14	41,50
fm	12,66	12,81	11,81	13,13	10,07	7,31	5,91	11,53	13,57	11,44	11,14	6,94	20,02	17,71
c	8,77	8,89	9,59	9,37	6,27	5,95	5,76	6,32	8,37	8,15	9,68	4,37	11,23	11,41
alk	34,10	37,03	34,64	36,65	37,85	40,04	41,02	38,58	35,12	34,03	33,47	40,68	28,59	29,36
Q	29,25	27,58	25,93	29,13	33,00	35,10	20,97	26,15	26,75	30,41	29,25	31,03	15,57	21,06
Or	27,50	29,57	31,34	30,75	28,09	28,68	34,60	30,75	31,05	26,61	26,02	16,26	25,43	23,65
Ab	30,42	32,53	29,58	29,58	30,00	29,58	36,67	33,80	29,58	29,58	30,42	45,63	36,76	35,49
An	7,28	3,65	8,27	3,54	4,78	4,29	4,63	4,29	6,68	6,53	8,20	3,12	11,60	10,85
Ac														
Ns														
Di	0,00	2,65	0,00	3,21	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hy	3,04	2,69	2,77	2,58	2,13	0,93	1,50	3,16	3,75	3,56	3,38	1,49	6,61	4,96
Cor	0,65	0,00	0,05	0,00	0,54	0,25	0,36	0,00	0,09	1,45	0,89	0,98	0,52	0,66
Min.	1,37	0,61	1,38	0,47	0,97	0,96	0,64	0,77	1,16	0,64	0,77	0,58	1,41	2,38
Ap.	0,15	0,32	0,15	0,21	0,06	0,06	0,19	0,13	0,28	0,15	0,08	0,13	0,39	0,39
p	I	I'	I	I'	I	I	I	I	I	I	I	I	I (II)	I'
q	4	4	4	'4	(3) 4	(3) 4	4	4	4	'4	4	'4	4'	4
r	2	1 (2)	2	1 (2)	(1) 2	(1) 2	1	1 (2)	'2	'2	2	1'	2	2
s	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3 (4)	3 (4)

ANNEXE III, 2ème SERIE (5)

MASSIF	TIHALIOUINE (2)			TEG'ORAK					TAHARHAIT - N - ABROR				TI - N - ERIT		
Référence Texte	47	47 bis	48	49	50	50 bis	51	52	53	54	55	56	57	58	59
si	333,52	319,23	402,90	378,13	406,58	406,06	344,00	366,81	310,35	328,39	342,64	438,44	147,44	333,70	395,20
al	44,56	39,19	44,83	44,79	42,92	44,22	42,99	44,17	38,68	37,91	38,61	42,47	24,25	47,33	39,08
fm	14,67	19,14	10,66	11,70	11,65	9,94	10,59	13,73	21,21	21,69	20,25	11,11	43,03	10,11	17,07
c	11,23	10,90	4,95	6,75	2,93	3,70	9,65	7,66	9,65	9,25	8,72	5,92	18,86	8,51	4,57
alk	29,53	30,75	39,54	36,74	42,47	42,13	36,75	34,42	30,44	31,12	32,39	40,48	13,84	34,03	39,26
Q	26,46	22,91	28,10	25,87	26,18	25,68	20,18	26,68	21,39	23,80	25,58	32,18	4,46	22,70	27,32
Or	23,36	25,72	24,25	30,75	28,68	27,20	33,12	30,16	27,20	25,43	25,43	26,32	11,82	29,57	29,57
Ab	32,11	33,80	40,56	32,11	40,56	41,41	34,65	30,42	33,38	34,22	35,07	35,91	32,11	33,80	36,03
An	10,04	8,44	3,74	5,60	0,38	1,76	5,93	6,36	8,47	6,73	6,01	1,57	17,24	6,78	0,00
Ac															0,27
Ns															
Di	0,00	1,06	0,00	0,00	1,68	0,71	2,27	0,00	0,45	0,55	1,90	0,80	7,97	0,00	2,77
Hy	4,10	3,69	1,37	3,43	0,89	2,30	2,93	3,77	5,43	6,07	2,90	0,00	13,28	2,52	2,17
Cor	1,67	0,00	0,27	0,54	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00
Wo													0,50		
Min.	1,64	2,70	1,64	0,78	1,62	0,72	0,37	1,13	2,30	1,71	2,83	2,36	10,48	1,31	1,66
Ap.	0,32	0,43	0,17	0,13	0,04	0,19	0,21	0,21	0,32	0,65	0,00	0,32	1,63	0,52	0,21
p	I	I'	I	I	I	I	I	I	I'	I'	I'	I	II'	I	I'
q	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	'4	'5	4	4
r	2	2	1 (2)	(1) 2	1	1	(1) 2	'2	2	'2	'2	1	'3	'2	1
s	3'	3'	(3) 4	3	3(4)	3 (4)	3	3	3'	3'	3 (4)	3'	4	3	3'

ANNEXE III, 2ème SERIE (6)

MASSIF	TIOUEIINE											AOUILENE			
Référence Texte	K	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
si	400,12	368,63	353,80	404,71	242,29	235,26	352,93	381,99	323,47	297,56	317,17	293,99	308,08	341,07	358,71
al	46,56	41,50	40,75	44,05	36,59	37,86	41,69	42,53	37,29	39,01	40,23	39,96	40,47	40,12	36,68
fm	9,65	14,52	16,37	14,04	20,35	20,32	14,91	11,78	19,08	18,21	18,09	20,10	18,77	17,05	20,26
c	6,41	6,02	7,42	7,07	7,40	6,25	3,71	4,21	9,42	11,92	12,04	10,26	10,11	9,58	9,08
alk	37,36	37,94	35,45	34,82	35,65	35,55	39,67	41,46	34,19	30,85	29,62	29,65	30,62	33,23	33,96
Q	28,45	24,42	24,15	32,15	3,04	0,62	21,72	23,89	20,70	19,06	22,99	19,59	20,72	23,44	26,94
Or	31,34	26,61	24,25	25,43	33,12	31,94	24,84	19,51	25,43	22,47	24,84	25,43	25,43	29,57	27,20
Ab	30,42	39,72	39,72	31,27	49,86	52,39	46,48	50,70	40,56	40,56	32,96	35,49	35,49	32,11	33,80
An	5,22	3,22	4,60	5,78	1,13	2,83	0,83	0,94	3,09	8,66	10,70	10,51	9,89	6,60	2,52
Di	0,00	0,14	0,00	0,00	6,48	2,64	0,00	0,10	3,16	1,12	0,92	0,00	0,00	1,82	4,58
Hy	3,09	3,30	4,57	1,58	1,20	5,31	2,09	1,94	3,60	4,60	4,39	4,73	5,11	4,04	1,16
Cor	0,95	0,00	0,13	0,72	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,09	0,00	0,00
Min.	0,37	1,58	1,38	2,20	4,28	2,93	2,59	1,54	2,06	2,25	2,20	3,06	2,31	1,54	3,09
Ap.	0,08	0,76	0,87	0,06	0,08	0,65	0,98	0,98	0,93	0,98	0,13	0,15	0,19	0,15	0,13
p	I	I	I'	I	I (II)	I (II)	I	I	I (II)	I'	I'	I'	I'	I'	I'
q	4	4	4	'4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
r	(1) 2	1'	1 (2)	'2	1	1	1	1	1'	2	2	2	2	'2	1'
s	3	3 (4)	(3) 4	3'	3 (4)	(3) 4	'4	4	(3) 4	'4	3'	3 (4)	3 (4)	3	3'

ANNEXE III, 2ème SERIE (7)

MASSIF	ISKEL														
Référence Texte	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7	L 8	L 9	L 10	L 11	L 12	L 13	L 14	L 15
si	102,60	142,44	124,90	127,01	399,61	373,78	408,64	189,40	202,06	173,29	394,15	379,46	412,69	416,06	359,23
al	25,15	31,26	24,92	25,05	43,99	43,66	46,44	33,64	34,79	30,36	44,46	45,13	47,23	48,09	42,38
fm	41,82	38,29	42,89	42,16	15,94	14,16	15,03	28,05	27,13	36,22	12,32	12,54	13,63	10,17	14,86
c	28,00	22,59	24,14	24,19	5,26	5,84	3,87	20,08	13,37	16,58	5,78	8,10	8,12	4,76	11,25
alk	5,00	7,84	8,03	8,58	34,79	36,32	34,65	18,20	24,69	16,82	37,42	34,20	31,00	36,95	31,49
Q	0,00	8,58	0,00	4,68	31,95	26,27	33,98	6,59	3,46	3,74	28,51	28,85	36,20	32,36	27,45
Or	3,54	5,91	7,09	7,68	25,43	30,75	21,88	11,82	30,16	19,81	31,94	23,06	22,47	0,59	23,36
Ab	16,90	19,43	21,97	21,97	31,69	32,11	33,80	38,87	34,65	28,31	30,42	35,49	27,04	57,47	32,96
An	43,22	36,75	31,94	29,74	4,29	4,74	2,69	22,51	13,68	20,04	4,37	6,96	6,17	3,50	10,01
Di	13,29	0,00	10,70	10,81	0,00	0,00	0,00	4,99	2,94	2,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hy	4,17	19,35	20,05	10,17	2,34	3,53	1,85	11,87	9,62	17,45	1,97	3,17	3,04	2,15	4,42
Cor (ou:Ol)	Ol = 13,79	1,04	Ol = 2,57	0,00	1,29	0,66	2,61	0,00	0,00	0,00	0,61	1,00	2,64	2,11	0,02
Min.	4,00	3,14	3,61	13,66	2,44	1,55	2,40	2,30	3,66	2,98	1,82	1,19	1,30	1,05	1,05
Ap.	0,08	0,54	0,21	0,06	0,06	0,17	0,19	0,26	0,34	0,41	0,21	0,08	0,19	0,17	0,15
p	II (III)	II	(II) III	II(III)	I	I	I	II	'II	II	I	I	I	I	I
q	5	(4) 5	5	'5	'4	4	(3) 4	'5	5	5	4	4	3 (4)	(3) 4	4
r	4	4	'4	'4	(1) 2	(1) 2	1'	3	2	3	1 (2)	'2	2	1 (2)	2
s	4	4	4	4	3'	3	3 (4)	4	3	3 (4)	3	3 (4)	3	5	3 (4)

ANNEXE III, 2ème SERIE (8)

MASSIF	AHELEHEG'												I-N-TOUNINE (1)		
Référence Texte	74	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	75	75 bis	76
si	365,99	405,97	392,23	368,85	381,72	386,06	360,44	367,49	350,55	331,15	282,30	255,49	423,23	440,46	407,68
al	40,23	46,91	43,93	45,36	44,35	43,32	43,96	44,80	42,29	42,22	36,90	37,60	44,23	40,45	41,48
fm	16,53	14,19	16,45	18,07	15,50	18,30	18,49	16,26	21,64	19,34	29,28	27,69	13,67	14,75	16,78
c	7,38	6,25	7,19	6,90	7,06	4,84	7,35	4,96	7,46	9,22	11,35	14,58	6,10	6,58	7,08
alk	35,85	32,64	32,41	29,64	33,07	33,53	30,19	33,96	28,59	29,20	22,45	20,12	35,99	38,19	34,65
Q	24,89	33,82	31,50	31,93	30,27	31,12	30,05	28,13	29,94	25,90	25,09	21,58	32,47	32,67	32,08
Or	35,48	25,72	27,20	23,65	28,09	28,39	24,54	25,72	23,65	22,47	21,29	11,82	30,75	33,12	27,79
Ab	27,89	27,04	27,04	27,89	28,31	28,31	28,73	33,38	27,89	32,11	26,19	33,38	26,19	25,77	28,73
An	3,98	4,91	5,91	5,61	5,91	3,92	6,11	3,88	6,65	7,76	10,94	15,65	4,08	1,78	5,07
Di	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,37	0,00
Hy	4,30	3,73	5,55	5,29	3,84	3,47	5,17	3,86	6,28	6,84	9,98	11,86	4,49	2,76	4,10
Cor	0,00	2,56	1,47	3,11	1,46	1,68	2,35	2,15	2,23	1,77	1,77	1,78	0,95	0,00	0,24
Min.	1,20	1,12	0,73	1,35	1,57	2,10	1,79	1,71	2,05	1,38	3,20	2,23	0,48	0,68	1,51
Ap.	0,30	0,10	0,10	0,21	0,10	0,10	0,21	0,21	0,10	0,43	0,54	0,54	0,32	0,21	0,32
p	I'	I	I'	I'	I	I	I'	I	I'	I'	(I) II	(I) II	I	I	I
q	4	(3) 4	'4	(3) 4	'4	'4	'4	4	'4	4	4	4	(3) 4	(3) 4	'4
r	1 (2)	(1) 2	'2	'2	'2	1 (2)	'2	1 (2)	2	2	2	(2) 3	1 (2)	1	(1) 2
s	3	3	3	3	3	3	3	3'	3	3 (4)	3'	4	3	3	3

ANNEXE III, 2ème SERIE (9)

MASSIF	I-N-TOUNINE (suite)												
Référence Texte	77	78	79	79 bis	80	81	82	83	84	85	86	87	0
si	420,30	430,04	388,62	372,50	393,10	398,86	379,57	320,54	363,42	332,14	379,36	400,96	393,02
al	46,19	48,28	48,98	45,49	41,06	43,28	41,74	45,36	44,97	42,50	44,32	46,27	48,29
fm	9,65	10,45	9,43	11,62	14,49	14,96	16,53	17,49	16,56	13,63	15,49	11,06	11,40
c	6,05	6,19	4,00	4,69	6,32	7,29	8,16	8,21	6,55	12,81	7,05	4,68	5,76
alk	38,10	35,07	37,57	38,18	38,10	34,45	33,54	28,92	31,90	31,03	33,13	37,98	34,53
Q	30,53	34,81	28,08	24,40	27,10	31,11	28,57	26,34	28,91	23,44	30,18	29,16	31,02
Or	24,84	24,84	21,29	25,13	28,98	28,98	33,12	27,20	26,61	27,79	29,57	26,32	32,53
Ab	35,49	29,58	41,41	40,99	34,65	27,89	24,50	28,73	29,58	30,42	27,04	35,91	25,35
An	4,25	4,08	2,77	3,92	2,55	5,08	6,61	5,54	4,66	11,11	4,91	2,79	4,49
Di	0,00	0,00	0,00	0,00	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00
Hy	3,25	2,92	2,65	3,25	3,48	4,11	5,15	5,90	5,87	3,83	4,03	2,64	3,09
Cor	0,87	2,38	2,61	0,79	0,00	0,88	0,22	3,97	2,64	0,00	1,80	1,55	2,69
Min.	0,25	0,56	0,66	0,65	0,94	1,20	1,02	1,33	0,81	1,04	1,48	0,95	0,90
Ap.	0,26	0,32	0,26	0,10	0,43	0,41	0,21	0,98	0,48	0,21	0,48	0,43	0,17
p	I	I	I	I	I'	I	I'	I'	I'	I	I	I	I
q	'4	(3) 4	4	4	4	'4	4	4	'4	4	'4	4	'4
r	1 (2)	(1) 2	1'	1 (2)	1'	(1) 2	'2	'2	(1) 2	2	(1) 2	1'	(1) 2
s	3 (4)	3	'4	(3) 4	3	3	3	3	3	3	3	3'	3

ANNEXE III, 2ème SERIE (10)

MASSIF	I-N-TOUNINE (fin)								ABDAS-SENE	I-N-EKOULMOU		TI-N-TEGA-NET	TA-N-AFELLA	
Référence Texte	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	Q	R	S	T	U	V
si	405,11	357,60	329,21	350,87	395,02	334,90	391,70	389,86	334,81	407,76	472,84	431,09	430,96	482,33
al	47,54	42,86	41,10	39,80	44,55	47,04	48,32	46,97	44,49	44,64	46,23	50,99	44,61	46,54
fm	11,35	17,55	19,01	19,12	11,93	12,78	8,89	9,52	18,14	11,50	8,38	9,25	10,92	7,42
c	5,77	6,32	8,51	6,37	6,12	8,47	4,91	4,66	10,32	9,49	4,58	4,98	5,54	4,06
alk	35,33	33,25	31,36	34,69	37,38	31,69	37,86	38,83	27,04	34,34	40,78	34,76	38,91	41,96
Q	31,56	26,73	23,75	24,19	27,78	24,47	28,46	26,65	30,90	31,79	35,16	36,20	31,90	35,14
Or	23,06	28,39	29,10	28,98	27,79	28,98	24,60	23,06	27,79	22,47	21,88	21,29	29,57	27,79
Ab	33,80	31,27	30,51	33,80	33,80	30,42	38,11	41,41	22,81	32,96	37,60	32,11	31,27	31,69
An	4,81	5,38	6,81	4,77	4,50	7,54	3,51	4,02	8,93	7,59	3,18	3,20	4,05	1,90
Di	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hy	2,30	5,33	6,50	4,52	3,44	5,01	1,04	1,63	2,10	2,80	1,41	1,39	1,20	0,98
Cor	1,97	1,28	1,00	0,00	0,58	2,67	2,00	1,10	2,88	0,37	0,34	3,56	0,19	0,53
Min.	1,27	1,25	1,26	2,04	0,80	0,49	1,52	1,19	3,74	1,04	0,79	1,24	1,58	0,91
Ap.	0,00	0,17	0,56	0,13	0,26	0,24	0,26	0,00	0,37	0,13	0,10	0,28	0,15	0,02
p	I	I'	I'	I'	I	I	I	I	I'	I	I	I	I	I
q	'4	4	4	4	4	4	4	4	'4	'4	(3) 4	3 (4)	'4	(3) 4
r	(1) 2	(1) 2	'2	(1) 2	1 (2)	2	1 (2)	1 (2)	2	2	1'	1 (2)	1 (2)	1
s	3 (4)	3	3	3	3'	3	3 (4)	(3) 4	3	3 (4)	(3) 4	3 (4)	3	3

ANNEXE III, 2ème SERIE (11)

MASSIF	BAOUINET NORD		"MARIE - LOUISE"				"TILLIK"	"RENAISSANCE"				TIT-N-ENIR				"SEDIS"		OUAN-RECHLA	
Référence Texte	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	W	105
si	392,43	418,21	397,89	359,39	428,47	504,97	385,81	399,00	403,68	404,97	386,55	426,44	378,24	425,81	421,61	418,73	431,20	370,44	373,22
al	45,78	46,87	44,88	42,69	47,49	47,32	49,07	48,22	49,63	51,09	54,63	48,13	47,41	48,46	50,81	47,52	49,63	51,86	46,33
fm	13,82	9,60	11,94	15,77	7,92	5,67	5,97	9,58	9,14	7,76	5,10	11,90	13,06	11,69	9,62	12,39	10,35	8,36	7,44
c	8,10	4,84	5,54	8,37	4,94	4,55	3,41	5,85	2,95	4,14	3,16	7,03	8,74	6,17	5,20	5,18	4,67	1,67	0,55
alk	32,27	38,67	37,61	33,15	39,63	42,43	41,52	36,32	38,26	36,98	37,09	32,91	30,77	33,66	34,34	34,89	35,33	38,09	45,67
Q	33,08	30,19	27,95	26,65	30,78	36,69	23,63	29,52	29,81	30,74	29,81	36,34	31,99	35,62	34,94	33,82	35,45	26,49	17,83
Or	24,84	23,95	28,98	29,57	26,02	24,25	21,29	26,61	24,84	20,70	21,88	26,02	24,54	24,54	24,25	23,65	21,29	18,33	26,61
Ab	28,73	37,18	32,96	29,58	35,49	33,80	48,17	32,96	37,18	38,87	39,72	25,35	27,89	27,89	29,58	31,27	32,96	46,48	50,02
An	6,48	3,56	4,12	7,16	3,20	3,10	2,74	4,78	2,07	3,12	2,37	5,30	7,34	4,61	3,80	3,63	3,01	0,78	0,00
Di	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Hy	1,80	2,58	3,87	4,08	1,91	0,47	1,84	3,23	1,72	2,06	1,19	2,24	3,24	2,50	2,26	2,80	1,83	0,66	2,19
Cor	1,87	1,16	0,75	0,58	1,13	0,12	1,40	1,94	2,74	3,18	4,68	2,54	2,67	2,67	3,49	2,43	3,07	4,19	0,00
Min.	2,24	0,66	0,56	1,61	0,66	0,89	0,29	0,36	1,04	0,53	0,46	1,33	1,35	1,11	0,81	1,05	1,15	1,54	0,03
Ap.	0,17	0,15	0,21	0,19	0,28	0,04	0,08	0,06	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,15	0,21	0,26	0,26	0,17
p	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
q	(3) 4	'4	4	4	'4	(3) 4	4	'4	'4	'4	4	3 (4)	(3) 4	3 (4)	3 (4)	(3) 4	3 (4)	4	4
r	2	1 (2)	1 (2)	2	1'	1 (2)	1'	(1) 2	1	1'	1'	'2	2	(1) 2	1 (2)	1 (2)	1 (2)	1	1
s	3	3 (4)	3	3	3'	3 (4)	4	3'	3 (4)	'4	'4	3	3	3	3'	3'	3 (4)	4	'4

Ac = 0,43
Ns = 0,43

ANNEXE III, 3ème SERIE (1)

ANALYSES SUPPLEMENTAIRES :

CHOIX DE RESULTATS OBTENUS SUR LE MASSIF D'AIT-OKLAN PAR LE C.E.A. (*in : Coulomb, 1959*) [1]

ZONE	CENTRE						COURONNE			Moyenne centre	Moyenne couronne
Référence texte	Anal. suppl. 1	Anal. suppl. 2	Anal. suppl. 3	Anal. suppl. 4	Anal. suppl. 5	Anal. suppl. 6	Anal. suppl. 7	Anal. suppl. 8	Anal. suppl. 9		
Référence Coulomb, 1959	D[3]	E[5]	F[4]	G[4]	H[3]	I[4]	C[1]	C[5]	E[1]		
SiO_2	72	71,5	72	72,2	72,9	72,3	72,5	75	74,2	72,15	73,9
Al_2O_3	15,2	15,1	14,5	13,5	14,2	14	14,7	13,1	14	14,4	13,9
Fe_2O_3	1,1	1,2	1,3	1,1	0,8	0,8	0,7	0,4	0,9	1,05	0,7
FeO	1,1	1,5	1,5	1,3	1,8	1,6	1,7	1,3	1,2	1,5	1,4
MgO	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,13
CaO	1,4	1,2	1,3	0,9	1,3	1,4	1	0,8	0,7	1,25	0,8
Na_2O	3,5	2,3	2,9	3,7	3,7	3,6	3,4	3,1	3,5	3,3	3,3
K_2O	4,3	3,6	4,5	4,2	3,6	4,3	4,9	4,4	5,4	4,1	4,9

[1] Pour le C.E.A., Aït-Oklan = Elbema. Voir le commentaire ci-après, expliquant le choix des analyses retenues

Analyses C.E.A. du Taourirt d'Aït-Oklan

Le C.E.A. a fait dans l'Aït-Oklan des prélèvements systématiques pour analyses, et reporté les points d'échantillonnage sur une ébauche de carte où se trouvent distingués un "granite porphyroïde" (le centre) et un "granite grenu" (la périphérie). Ce document présente des inexactitudes de détail, entraînant des erreurs dans l'attribution des prélèvements à l'un ou l'autre des deux groupes. Néanmoins, nous disposons là d'une masse très utile de renseignements.

R. Coulomb fournit 10 analyses de roches, en omettant malencontreusement les valeurs de TiO_2, P_2O_5 et H_2O. 5 échantillons sont attribués à la zone centrale, 5 autres à la périphérie.

Or, au vu du plan d'échantillonnage, il m'a paru préférable de faire passer le n° I4 dans la famille des granites centraux. D'autre part, que penser du point J 3, également rangé par le C.E.A. dans la zone périphérique ? La valeur de K_2O (6,7 %) paraît vraiment excessive et la position très marginale du point conduit à envisager l'hypothèse d'un faciès aberrant de bordure, où celle d'un prèlevement dans le pluton encaissant de Tig'elamine.

J'ai donc recalculé les moyennes avec 6 échantillons pour la zone centrale et 3 échantillons pour la couronne. On remarque alors, du centre vers la couronne :

- l'augmentation de SiO_2 et de K_2O et une diminution de Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO.

- la constance approchée de FeO et de Na_2O.

En plus, R. Coulomb (1959) donne les valeurs de K_2O et de Na_2O pour une soixantaine d'échantillons. Sur ce lot, il convient d'éliminer 5 roches qui n'ont certainement pas été prélevées dans le massif. Compte tenu d'une redistribution nécessaire entre centre et couronne (au cours de laquelle il a pu subsister quelques erreurs), nous arrivons aux valeurs moyennes suivantes :

	Centre	Périphérie
K_2O	4,3	4,65
Na_2O	3,3	3,5

Les conclusions précédentes se trouvent à la fois affinées et quelque peu corrigées : K_2O est plus fort dans la couronne, Na_2O l'est également un peu plus (au lieu de rester pratiquement constant). L'alcalinité croît légèrement, aussi bien par augmentation du pourcentage absolu des alcalins que par la diminution du CaO.

ANNEXE III, 3ème SERIE (2)

ANALYSES SUPPLEMENTAIRES DU
TAOURIRT TA-N-AFELLA (choisies in : Fauré, 1970)

Roche	Granite "moyen"			Granite porphyroïde			Amas pegm.	"granite rose"
Référence texte	Anal. suppl. 10	Anal. suppl. 11	Anal. suppl. 12	Anal. suppl. 13	Anal. suppl. 14	Anal. suppl. 15	Anal. suppl. 16	Anal. suppl. 17
Référence Fauré, 1970	Résultats C.R.P.G.	4S	5S	249	250	251	265	280
SiO_2	75,80	75,60	74,50	74,40	74,30	74,30	76,60	76,60
Al_2O_3	12,49	12,50	12,87	13,30	13,10	13,80	10,65	12,70
Fe_2O_3	1,30	2,02	3,00	1,34	1,63	1,39	1,88	0,54
MnO	0,04	0,10	0,12	0,05	0,06	0,04	0,06	0,07
MgO	0,03	-	-	0,19	0,34	0,14	traces	traces
CaO	0,59	0,98	0,88	1,04	1,09	0,69	0,49	0,34
Na_2O	3,80	3,79	3,45	3,62	3,42	3,27	2,68	4,98
K_2O	4,79	4,13	4,00	5,51	5,41	5,71	5,66	3,09
TiO_2	0,08	0,10	0,10	0,13	0,12	0,05	0,09	0,05
P_2O_5	0,01	0,01	0,02					
H_2O^+	0,48							
H_2O^-	0,06							
CO_2	0,13	-	-					
P.F.	-	0,60	0,60	0,60	0,62	0,68	0,53	0,30

ANNEXE IV

ANNEXE IV

ANALYSES DE MINERAUX

Les 4 premiers tableaux de cette annexe sont consacrés aux biotites (analyses m.1 à m.45). Ils regroupent à la fois les résultats bruts et les calculs des formules structurales (pour la plupart, ces calculs ont été faits par M.J. Fabriès).

Le 5ème tableau fournit quelques données sur les amphiboles et les pyroxènes (analyses I à XII).

Laboratoires d'analyses

Pour les tableaux 1 à 4 :

- 1 astérisque sous le n° d'ordre "Référence texte" : CRPG-Nancy
- 2 astérisques " " " " " : Muséum-Paris
- Aucune mention : BRGM.

Pour le tableau 5 : BRGM (voie humide et microsonde).

ANNEXE IV - TABLEAU 1

MASSIF	AMSENNANE	TIG'ELAMINE			COMPLEXE DE TESNOU									
					Unité 1			Schlieren du Ti-n-Ezzoua Sud (unité 2)				Unités 5 et 6		Ti-n-Akor (un. 7)
	Dior. q., Phar.inf.	Dior. q. Nord	Schlieren à l'Ouest											
REFERENCE TEXTE	m.1	m.2	m.3	m.4	m.5	m.5 bis **	m.6	m.7	m.8	m.9 *	m.10 *	m.11	m.12	m.13
N° D'ECHANTILLON	634 ZG[8]	645 AZ	68 LG[1]	68 LI[1]	623 NG		68 LY	634 ZL[22]	634 ZL[23]			68 LZ	601 MF	645 BP
SiO_2	35,80	37,00			33,50	34,40	34,30	34,50	35,10	35,50	35,29	36,90	44,60	36,10
Al_2O_3	15,95	13,65	14,70	15,35	17,30	16,15	17,60	15,70	14,90	14,77	16,48	21,35	28,30	14,45
TiO_2	2,60	2,80	2,60	2,65	3,10	2,80	2,95	2,95	3,20	3,01	3,18	0,75		2,55
Fe_2O_3	5,45	6,40	7,35	7,10	4,20	2,45	5,80	6,10	5,05	3,37	3,69	8,00	1,30	4,30
FeO	13,85	15,00	16,15	16,85	22,70	23,85	19,60	23,40	23,00	24,15	20,48	16,90	10,50	20,65
MnO	0,10	0,35			0,50	0,42	0,51	0,55	0,45	0,57	0,45	1,52		0,46
MgO	12,55	11,00	8,50	8,50	5,75	6,40	4,85	4,20	5,90	3,22	4,87	0,40		7,00
Li_2O	0,06	0,05			0,18	0,79	0,28	0,35	0,17	-	-	1,16		0,18
CaO	0,90	2,25			0,10	0,40	0,55	0,25	1,40	0,70	1,05	Tr		1,20
Na_2O	0,25	0,30			0,15	0,15	< 0,10	0,25	0,35	0,20	0,19	0,13		< 0,10
K_2O	9,50	8,00	8,65	8,75	9,00	8,60	9,05	9,30	8,20	9,24	8,14	9,00	10,40	8,95
P_2O_5	Indos	0,15			0,28	0,35	0,22	0,20	0,10	0,34	0,35	0,08		0,27
H_2O^+	2,25	2,50			2,40	1,50	3,25	2,00	2,15			2,75		3,00
H_2O^-	0,45	0,40			0,15	0,24	0,35	0,25	0,25			0,25		0,25
p.f.										3,88	4,67			
F	0,22	0,17			0,90	n.d.	0,70	1,35	0,80	1,67	0,43	2,10		0,81
	99,93	100,02			100,21	98,50	100,01	101,35	101,02	100,62	99,27	101,29		100,17
O ≡ F	0,09	0,07			0,38		0,30	0,57	0,33	0,70	0,18	0,88		0,34
TOTAL	99,84	99,95			99,83	98,50	99,71	100,78	100,69	99,82	99,09	100,41		99,83
Si	5,530	5,724			5,215	5,295	5,328	5,365	5,408	5,671	5,795	5,564		5,599
Al^{IV}	2,470	2,276			2,785	2,705	2,672	2,635	2,592	2,329	2,205	2,436		2,401
Al^{VI}	0,420	0,210			0,391	0,225	0,549	0,244	0,112	0,451	0,331	1,358		0,241
Ti	0,305	0,325			0,362	0,324	0,345	0,343	0,370	0,364	0,394	0,084		0,296
Fe^{3+}	0,630	0,742			0,490	0,398	0,678	0,713	0,583	0,403	0,453	0,906		0,500
Fe^{2+}	1,778	1,930			2,957	3,072	2,544	3,042	2,963	3,212	2,809	2,130		2,680
Mn	0,009	0,046			0,065	0,055	0,065	0,070	0,055	0,077	0,059	0,195		0,060
Mg	2,909	2,551			1,333	1,466	1,120	0,972	1,352	0,771	1,202	0,090		0,618
Li	0,037	0,037			0,112	0,490	0,177	0,215	0,102			0,707		0,112
Ca	0,148	0,343			0,014	0,064	0,088	0,042	0,231	0,124	0,187	-		0,195
Na	0,074	0,093			0,046	0,46	-	0,075	0,102	0,057	0,059	0,036		-
K	1,871	1,577			1,787	1,684	1,792	1,841	1,611	1,879	1,695	1,731		1,771
Y	6,088	5,841			5,710	6,030	5,478	5,599	5,537	5,278	5,248	5,470		5,507
X	2,093	2,013			1,847	1,794	1,880	1,958	1,944	2,060	1,941	1,764		1,966

ANNEXE IV - TABLEAU 2

MASSIF	IMEHELLATENE NORD			OVALE D'ISEDDIENE						
	Schlieren dans la zone ouest			Granite grossier		Schlieren		γ fin central	Couronne interne	
REFERENCE TEXTE	m.14 *	m.15	m.16	m.17	m.17bis *	m.18 *	m.18bis	m.19	m.20	m.21
N° D'ECHANTILLON	590 AO^3	68 HX	68 HY	634 ZF^{14}		590 WZ		590 WJ^5	634 ZF^{12}	Tesnou 5667
SiO_2	35,50	35,50	35,00	35,90	35,13	35,89	34,70	33,90	34,50	
Al_2O_3	13,88	12,95	13,75	13,05	14,40	12,71	14,40	16,00	15,00	
TiO_2	3,12	3,55	3,35	2,85	2,97	3,15	3,20	3,30	3,12	
Fe_2O_3	4,68	6,55	6,20	6,70	5,67	4,67	4,85	5,50	9,31	7,25
FeO	23,23	22,55	23,35	20,20	20,69	20,62	21,05	20,80	18,39	20,20
MnO	0,51	0,40	0,50	0,74	0,70	0,66	0,63	0,64	1,17	
MgO	4,69	3,85	3,95	6,75	5,86	6,56	6,90	6,00	3,37	4,60
Li_2O	0,32	0,30	0,45	0,30	n.d.	n.d.	0,20	0,22	0,44	
CaO	0,63	0,75	0,35	1,15	1,22	1,47	0,60	0,60	0,79	
Na_2O	0,14	0,15	< 0,12	0,20	0,15	0,28	< 0,10	< 0,10	0,19	
K_2O	9,22	8,65	9,00	7,45	7,28	8,38	9,05	8,35	7,09	
P_2O_5	0,19	Tr.	Tr.	0,34	0,33	0,37	0,28	0,21	0,24	
H_2O^+		2,80	2,65	4,00			3,25	3,65		
H_2O^-		0,25	0,25	0,35			0,35	0,50		
p.f.	3,83				5,06	3,99			5,83	
F	1,33	1,15	1,25	1,20	0,72	0,84	0,54	0,43	0,39	
	101,27	99,40	100,05	101,18	100,18	99,59	100,00	100,10	99,83	
O ≡ F	0,56	0,48	0,53	0,50	0,30	0,35	0,23	0,18	0,16	
TOTAL	100,71	98,92	99,52	100,68	99,88	99,24	99,77	99,92	99,67	
Si	5,589	5,636	5,532	5,561	5,612	5,670	5,440	5,308	5,472	
Al^{IV}	2,411	2,364	2,468	2,439	2,388	2,330	2,560	2,692	2,528	
Al^{VI}	0,162	0,059	0,094	0,240	0,018	0,040	0,101	0,260	0,275	
Ti	0,369	0,422	0,397	0,351	0,333	0,393	0,377	0,388	0,372	
Fe^{3+}	0,555	0,782	0,740	0,684	0,789	0,550	0,572	0,969	1,663	
Fe^{2+}	3,055	2,995	3,088	2,735	2,640	2,712	2,761	2,724	2,479	
Mn	0,066	0,052	0,067	0,095	0,099	0,085	0,080	0,085	0,152	
Mg	1,097	0,911	0,931	1,391	1,574	1,555	1,611	1,398	0,796	
Li	0,198	0,191	0,285		0,188	-	0,122	0,141	0,276	
Ca	0,104	0,124	0,057	0,142	0,136	0,246	0,099	0,098	0,133	
Na	0,085	0,048	-	0,047	0,056	0,094	-	-	0,057	
K	1,854	1,746	1,814	1,482	1,484	1,687	1,809	1,666	1,430	
Y	5,502	5,412	5,602	5,496	5,641	5,335	5,624	5,965	6,013	
X	2,043	1,918	1,871	1,671	1,676	2,027	1,908	1,764	1,630	

ANNEXE IV - TABLEAU 3

MASSIF	OVALE D'ISEDDIENE (suite)				ELBEMA EST	TIHALIOUINE	TAHARHAIT-N-ABROR			TIOUEIINE		TIHOIIARENE
	Couronne externe (schlieren)				Aplite	Schlieren	Sud	Médian	Nord	Centre	Périph.	Schlieren
REFERENCE TEXTE	m.22	m.23	m.24	m.25	m.26	m.27 *	m.28	m.29	m.30	m.31 *	m.32 *	m.33
N° D'ECHANTILLON	68 GH	68 GV	68 HC	68 HD	590 ZU		623 VQ^5	623 VV^2	623 VS^2			H.10-1 p.19 (Gravelle)
SiO_2	35,50	36,00			45,45	35,50	35,80	36,35	36,75	35,81	36,63	34,50
Al_2O_3	14,55	12,45	12,60	12,30	25,10	13,64	18,30	15,30	15,35	14,30	13,50	15,20
TiO_2	3,20	3,65	3,35	3,40	0,25	2,51	2,48	2,80	3,20	2,60	2,85	3,00
Fe_2O_3	6,95	8,10	6,50	6,70	4,10	4,35	5,60	6,10	7,35	5,83	8,71	5,40
FeO	20,75	19,15	20,80	21,10	7,80	19,53	19,60	17,65	14,40	19,71	19,43	24,10
MnO	0,50	0,70			1,10	0,51	0,68	0,62	0,69	0,42	0,51	0,65
MgO	5,25	6,90	6,70	6,60	0,20	8,12	4,65	8,85	9,80	6,37	3,73	4,80
Li_2O	0,21	0,40			1,10	n.d.	0,76	0,19	0,29	n.d.	n.d.	0,28
CaO	0,70	0,50			0,30	0,82	0,52	0,40	0,10	1,90	0,56	0,25
Na_2O	0,13	0,12			0,35	0,14	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,27	0,15	0,15
K_2O	8,15	8,65	8,65	8,90	10,00	9,24	7,25	8,30	8,50	6,39	7,87	9,00
P_2O_5	0,30	-			0,25	0,38	0,17	0,26	0,16	0,32	0,25	0,10
H_2O^+	4,10	3,15			2,85		3,15	2,35	2,75			1,70
H_2O^-	0,20	0,45			0,40		0,35	0,22	0,34			0,20
p.f.						4,31				5,57	4,96	
F	1,30	0,80			1,50	0,84	0,39	0,52	0,41	0,79	0,73	1,50
	101,79	101,02			100,75	99,89	99,70	99,91	100,08	100,28	99,88	100,83
O ≡ F	0,55	0,34			0,63	0,35	0,16	0,22	0,17	0,33	0,31	0,63
TOTAL	101,24	100,68			100,12	99,54	99,54	99,69	99,91	99,95	99,57	100,23
Si	5,522	5,559			6,358	5,605	5,448	5,499	5,498	5,651	5,810	5,561
Al^{IV}	2,478	2,264			1,642	2,395	2,552	2,501	2,502	2,349	2,190	2,439
Fe^{3+}		0,177										
Al^{VI}	0,189				2,497	0,135	0,731	0,227	0,204	0,301	0,322	0,443
Ti	0,374	0,422			0,025	0,294	0,283	0,318	0,359	0,312	0,333	0,368
Fe^{3+}	0,813	0,763			0,432	0,512	0,640	0,694	0,827	0,681	1,027	0,658
Fe^{2+}	2,696	2,473			0,912	2,568	2,492	2,232	1,802	2,565	2,569	3,240
Mn	0,066	0,088			0,130	0,066	0,086	0,077	0,085	0,056	0,066	0,087
Mg	1,215	1,587			0,042	1,923	1,051	1,996	2,185	1,505	0,885	1,160
Li	0,131	0,250			0,622	-	0,466	0,118	0,171	-	-	0,174
Ca	0,116	0,083			0,042	0,132	0,082	0,063	0,014	0,265	0,066	0,019
Na	0,037	0,037			0,092	0,038	-	-	-	0,075	0,038	0,038
K	1,617	1,707			1,782	1,857	1,408	1,600	1,618	1,287	1,589	1,856
Y	5,484	5,583			4,660	5,498	5,749	5,662	5,63	5,420	5,202	
X	1,770	1,827			1,916	2,027	1,490	1,663	1,63	1,627	1,693	

ANNEXE IV - TABLEAU 4

MASSIF	AHELEHEG'		I-N-TOUNINE						TAESSA	REGION DE LAOUNI				
	γ grossier	pegm. bordure	Granite grossier				μ granite monzonitique	aplite de Hanana	Greisen	Tamazaror	Renaissance	Oua-n-Rechla		
REFERENCE TEXTE	m.34	m.35	m.36	m.37	m.37bis *	m.37ter **	m.38	m.39	m.40	m.41	m.42	m.43	m.44	m.45 (in:Bonnici, 1963)
N° D'ECHANTILLON	AHE. 35 (Didier)	645 AV	353	175			352	303	623 Q0	Laouni 1225	Laouni 1234	Laouni 1240	Laouni 1241	
SiO_2	34,25	35,10	35,10	34,20	33,15	33,40	36,10	44,05	45,80	46,60	38,40	39,10	45,16	42,8
Al_2O_3	14,55	18,70	18,80	18,00	19,50	18,25	16,00	20,35	29,65	32,40	23,95	23,40	21,00	23,9
TiO_2	3,45	3,00	2,08	2,37	2,20	2,20	2,55	0,04	0,20	0,09	0,40	0,10	-	0,11
Fe_2O_3	5,20	6,60	7,55	5,16	7,20	5,87	4,40	2,55	2,55	3,65	2,05	8,15	2,40	1,25
FeO	25,55	21,25	20,00	23,53	22,60	23,43	25,00	13,65	4,60	0,58	17,15	7,60	9,08	10,35
MnO	0,48	0,37	0,48	0,45	0,45	0,37	0,42	1,10	0,20	1,02	0,85	2,50	1,75	2,05
MgO	3,90	1,85	1,60	0,88	1,80	2,35	3,40	0,45	0,65	0,40	0,95	Tr.	1,55	0,35
Li_2O	0,24	0,56	0,47	-	0,30	0,86	0,31	3,00	0,28	0,02	0,70	0,58	5,04	2,6
CaO	0,40	Tr.	0,75	0,82	0,90	0,80	0,43	0,30	0,40	0,04	0,35	0,35	0,02	0,5
Na_2O	0,15	0,22	< 0,10	0,15	0,15	0,18	0,15	0,40	0,40	< 0,10	0,20	0,30	0,27	0,3
K_2O	7,30	8,90	7,95	7,18	7,40	7,10	8,05	9,90	11,00	11,50	10,00	10,15	10,40	9,5
P_2O_5	0,31	0,08	0,13	0,25	0,10	Tr.	0,22	0,10	0,05	0,08	0,05	0,08	-	0,05
H_2O^+	2,65	1,80	3,45		4,40	3,60	2,73	1,35	3,20	3,40	1,60	3,93	-	2,1
H_2O^-	0,30	0,20	0,45		0,30	0,40	0,18	0,25	0,20	0,34	0,20	1,70	-	
p.f.				5,67										
F	0,87	1,70	0,79	0,90	1,15	n.d.	0,54	5,10	2,50	0,10	4,50	3,70	-	7,2
	99,60	100,33	99,60	99,56	101,60	98,81	100,48	102,59	101,68	100,22	101,35	101,64		103,48
O ≡ F	0,36	0,71	0,33	0,38	0,48		0,23	2,14	1,05	0,04	1,89	1,56		3,03
TOTAL	99,24	99,62	99,27	99,18	101,12	98,81	100,25	100,45	100,63	100,18	99,46	100,08		100,45
Si	5,552	5,400	5,573	5,526	5,188	5,262	5,736	6,331	6,275	6,250	5,753	5,904	6,266	6,177
Al^{IV}	2,448	2,600	2,427	2,474	2,812	2,738	2,264	1,669	1,725	1,750	2,247	2,096	1,734	1,823
Al^{VI}	0,224	0,790	1,091	0,938	0,785	0,652	0,727	1,777	3,063	3,371	1,981	2,070	1,701	2,243
Ti	0,402	0,347	0,248	0,291	0,258	0,260	0,303	0,004	0,020	0,008	0,045	0,011		0,011
Fe^{3+}	0,607	0,764	0,614	0,620	0,847	0,694	0,175	0,279	0,263	0,368	0,231	0,926	0,250	0,135
Fe^{2+}	3,322	2,732	2,652	3,170	2,958	3,086	3,318	1,641	0,527	0,064	2,147	0,957	1,050	1,249
Mn	0,060	0,046	0,062	0,058	0,056	0,047	0,057	0,133	0,023	0,112	0,108	0,317	0,204	0,249
Mg	0,902	0,420	0,377	0,213	0,418	0,549	0,801	0,095	0,132	0,080	0,211	-	0,321	0,074
Li	0,149	0,342	0,295	-	0,188	0,539	0,200	0,736	0,154	0,008	0,423	0,354	2,810	1,509
Ca	0,065	-	0,124	0,106	0,150	0,132	0,071	0,043	0,058	0,004	0,054	0,055		0,077
Na	0,037	0,064	-	0,038	0,047	0,057	0,047	0,112	0,106	-	0,054	0,091	0,075	0,083
K	1,448	1,747	1,593	1,493	1,477	1,430	1,630	1,813	1,922	1,966	1,908	1,951	1,843	1,748
Y	5,666	5,441	5,339	5,290	5,510	5,827	5,581	5,665	4,182	4,011	5,146	4,635	6,336	5,470
X	1,485	1,811	1,717	1,637	1,674	1,619	1,748	1,968	2,086	1,970	2,016	2,097	1,918	1,908

ANNEXE IV - TABLEAU 5

ANALYSES D'AMPHIBOLES ET DE PYROXENES POUR DIVERS MASSIFS DU FOSSE PHARUSIEN

MINERAL	AMPHIBOLES									PYROXENES		
MASSIF	AMSEN-NANE	TIN-AKKOR	IMEHEL-LATENE	ISEDDIENE		TIN-ERIT			TIHOI-IARENE	TIOUE-IINE	TIN-ERIT	
	dior.q Phar. inf.	Schlieren	dior.q (+)	Schlieren		dior.q (+)	γ monz. (+)	γ alc. (+)	Leuco γ	syé-nite (+)	dior.q (+)	γ alc. (+)
REFERENCE TEXTE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
N° d'échantillon	634 ZG[8]	645 BP	634 ZH[23]	68 GS	590 WZ	623 VN[1]	623 VO[1]	623 VP[3]	656 CV[2]	590 YE[1]	623 VN[1]	623 VP[3]
SiO_2		41,50										
Al_2O_3	8,80	7,75	11	8,20	12	12						
TiO_2		2,35		1,90					3,75			
Fe_2O_3	6,00	8,00		9,93					12,50	3	1,5	< 4
(ou Fer total)			18		19	21	24	23		24	13	24
FeO	10,70	17,15		15,15					20,85			
MnO		0,65										
MgO	12,20	6,85	6	7,00	5	7	2	< 0,5	Traces	0,3	7	< 0,5
CaO		11,55		12,05					5,60	20	21	
Na_2O		1,40										
K_2O		1,20										
P_2O_5		0,80										
H_2O^+		0,85										
H_2O^-		0,15										
F		0,25										
O ≡ F		- 0,10										
TOTAL		100,35										

1) (+) : analyses partielles faites en 1967 à la microsonde du BRGM. Les résultats ne sont qu'approchés, Fe et Ca étant obtenus à ± 10 % près, et Mg à ± 100 % près.

2) L'analyse totale II n'a pas été calculée, car elle pèche manifestement par défaut d'alumine ; les autres résultats de cette colonne permettent néanmoins de confirmer le diagnostic optique (hastingsite).

ANNEXE V

ANNEXE V

GEOCHRONOLOGIE

Cette annexe comprend :

1 - Les résultats des datations inédites de C. Lay (BRGM) par la méthode potassium-argon (Tableau 1).

2 - Les résultats des datations inédites de M. Lasserre (Université de Clermont-Ferrand) par la méthode rubidium-strontium (Tableau 2).

3 - La comparaison de ces deux groupes de résultats, entre eux et avec certains âges publiés (Tableau 3, suivi d'un bref commentaire).

ANNEXE V - TABLEAU 1

RESULTATS DES DATATIONS PAR LA METHODE POTASSIUM-ARGON

(C. LAY, BRGM *)

DOMAINE STRUCTURAL	NOM DU MASSIF	NATURE DU MASSIF	ROCHE PRELEVEE	NUMERO ECHANTILLON	MINERAL DATE (sauf 1 cas roche totale)	N° Labo	K %	A^{40}rad. $cm^3 10^{-5}$ TPN/g	T_{MA}
MOLE D'IN-ZIZE (CRATON)	IN-ZIZE	Appareil subvolcanique post-orogénique	Rhyolite (ignimbrite)	In-Zize 1035	Roche totale	29	4,65 **	10,34	488 ± 25
						24	4,65 **	10,17	481 ± 25
FOSSE PHARUSIEN DE L'AHAGGAR OCCIDENTAL	AMSENNANE	Pluton à bords diffus du Pharusien inf.	Tonalite (x=4°27'30" y=23°47')	634 ZG^8	Hornblende (cf. analyse I de l'annexe IV, tableau 5)	11	0,97	2,49	553 ± 30
					Biotite (cf. analyse m.1 de l'annexe IV)	18	7,69	18,00	511 ± 30
	TINNIRT NORD	Diapir du Pharusien sup.	Pegmatite (auréole)	-	Muscovite (mélangée quartz)	42	1,47	4,55	650 ± 35
	IN-DEBIRENE	Pluton concordant du Pharusien sup.	Pegmatite (bordure est)	-	Muscovite (mélangée quartz)	35	8,83	21,25	523 ± 30
	TESNOU 1	"Taourirt"	Pegmatite (auréole nord)	-	Muscovite (mélangée quartz)	41	6,39	15,85	537 ± 30
COMPARTIMENT SUGGARIEN DE L'AHAGGAR CENTRAL	AHELEHEG'	"Taourirts de Tamanrasset"	Pegmatite bordure	645 AV	Biotite (cf. analyse m.35 de l'annexe IV)	58	7,93	16,89	470 ± 25
	IN-TOUNINE		Aplite de Hanana	304	Zinnwaldite (échantillon voisin de celui de l'analyse m.39)	48	8,63	18,77	479 ± 25
			Pegmatite bordure	177	Biotite	50	7,64	16,86	485 ± 25
	TAESSA		Greisen de Torak	623 QO	Muscovite (cf. analyse m.40)	59	9,13	19,94	481 ± 25
	RENAISSANCE	"Taourirts méridionaux"	Pegmatite bordure	Laouni 1234	Li-Biotite (cf. analyse m.42)	56	8,67	20,77	521 ± 30
	OUAN-RECHLA		Pegmatite	Laouni 1240	Li-Ferrophengite	39	8,57	20,53	521 ± 30
				Laouni 1241	Zinnwaldite	22	8,59	21,31	537 ± 30

* *N.B.: T est calculé avec les constantes recommandées par "Phanerozoïc Time-Scale" au moyen de la relation :* $T = 4{,}340.10^6 \log_{10} (1 + 0{,}133 \frac{A^{40}}{K\ \%})$.
Pour un exposé complet de la méthode employée, voir : C. Lay, 1969, Bull. BRGM, section IV n° 3, p. 1-29.

** *Le potassium n'a été dosé qu'une fois.*

ANNEXE V - TABLEAU 2

RESULTATS DES DATATIONS DE MICAS PAR LA METHODE Rb/Sr

(M. LASSERRE, CLERMONT-FERRAND) [1]

DOMAINE STRUCTURAL	NOM DU MASSIF	TYPE DE MASSIF	ROCHE ET N° D'ECHANTILLON	MINERAL DATE	N° LABO	N° DS *	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	% Sr radiogénique	T_{MA}
FOSSE PHARUSIEN DE L'AHAGGAR OCCIDENTAL	AMSENNANE	Pluton du Pharusien infér.	Tonalite en x = 4°28' y = 23°47' (634 ZG)	Biotite *(anal. m.1 annexe IV)*	1777	2464	160,9	26,41	17,6	0,840	15	496 ± 16
	TIG'ELAMINE	Pluton concordant du Pharusien sup.	Diorite quartzique du Nord (645 AZ) **	Biotite *(anal. m.2 annexe IV)*	1785	2466	278,9	34,64	23,3	0,880	19	492 ± 16
	TINNIRT NORD	Diapir du Pharusien supér.	Pegmatite auréole	Muscovite	1775	2462	496,09	20554	69,9	1,304	45	577 ± 27
	TESNOU 1	"TAOURIRTS"	Pegmatite auréole nord	Muscovite	1776	2463	1734,9	146,40	34,4	0,985	29	568 ± 18
	TIN-AKKOR (TESNOU 7)		Schlieren (645 BP)	Biotite	1786	2467	959,4	6,16	451,2	4,236	83	532 ± 27
SUGGARIEN CENTRAL	IN-TOUNINE		Pegmatite bordure sud (177)	Biotite	1771	2587	3451,37	9,893	1010,2	8,357	91	515 ± 25

* N° DS = N° de détermination au strontium

** Voir texte page 90. Echantillon prélevé par J.M. Bertrand le long de la piste automobile Alger-Tamanrasset.

1 Méthodes et constantes - Le mode opératoire et le calcul de l'erreur sont exposés dans des notes de M. Bonhomme et de M. Vachette, citées par M. Lasserre et al., 1970, p.9. Les constantes utilisées au cours des calculs sont :

^{87}Rb = 0,2785 pour un atome de rubidium normal,

^{87}Sr = 0,0702 " " " strontium normal,

$\lambda\ ^{87}Rb = 1{,}47.10^{-11} an^{-1}$.

Les extractions du strontium et du rubidium ont été réalisées par E. Gamot et M. Sauret, Techniciennes C.N.R.S. du Département de Géologie et de Minéralogie (Université de Clermont). Les enregistrements et les calculs ont été faits par M. Lasserre, Géologue Principal de la F.O.M., détaché auprès du même Département. Pour l'étude des micas, on détermine les teneurs en rubidium et en strontium à l'aide d'un spectromètre de masse A.E.I. - MS 2 S.

Les datations ont été faites par la méthode au strontium conventionnel, avec :

$$\frac{^{87}Sr}{^{86}Sr}\ i = 0{,}712.$$

L'erreur est calculée pour une probabilité à 95 %.

ANNEXE V - TABLEAU 3

CAS DES MASSIFS AYANT FAIT L'OBJET DE MESURES PAR AU MOINS DEUX METHODES : COMPARAISON DES AGES OBTENUS SUR MINERAUX OU SUR ECHANTILLONS ISOLES DE ROCHE TOTALE (1)

TYPE DE MASSIF	NOM DU MASSIF	MINERAL OU ROCHE TOTALE	T_{MA} METHODE K/A	T_{MA} METHODE Rb/Sr	T_{MA} METHODE AU Pb $\frac{Pb^{207}/Pb^{206}}{Pb^{206}/U^{238}}$
PLUTONS ET DIAPIRS DU PHARUSIEN SUPERIEUR (âge réel supposé : ~ 620 à 650 MA) [Références 6, 8, 10]	TINNIRT NORD	Muscovite	650 ± 35 [1]	577 ± 27 [2]	
	ADRAR TINNIRT	Biotite Zircon		520 ± 25 [3]	610 ± 30 [4] 410 ± 15
	TIN-TOUAFA	Biotite RT Zircon		520 ± 15 [3] 510 ± 100 [3]	590 ± 40 [4] 355 ± 15
	IMEZZARENE	Biotite Biotite Biotite Muscovite	640 ± 20 [5]	535 ± 20 [5] 511 ± 15 [6] 576 ± 17 [6] 581 ± 18 [6]	
"TAOURIRTS" (âge réel probable : ~ 520 à 580 MA) [Références 9, 10, 11, 12]	TESNOU 1	Muscovite Muscovite *	537 ± 30 [1]	568 ± 18 [2] 522 ± 11 [7]	
	AHELEHEG'	Biotite ** Biotite	? 470 ± 25 [1]	495 ± 15 [3]	
	IN-TOUNINE	Biotite RT Biotite Zinnwaldite	485 ± 25 [1] 497 ± 25 [1]	497 ± 19 [7] 482 ± 68 [7] 515 ± 25 [2]	
	TAESSA	Mica de greisen *** Muscovite	481 ± 25 [1]	520 ± 10 [7] 480 ± 29 [7]	
	TAN-AFELLA	Biotite Muscovite RT		532 ± 7 [7] 532 ± 8 [7] 520 ± 80 [7] ****	

REFERENCES

1 Tableau I de cette annexe.
2 Tableau II de cette annexe.
3 Lay et Ledent, 1963.
4 Lay et al., 1965.
5 Eberhardt et al., 1963.
6 Gravelle, 1969.
7 Notes p. 84 et 86 in : Boissonnas et al., 1964.
8 Picciotto et al., 1965.
9 Boissonnas et al., 1969.
10 Boissonnas et al., 1970.
11 Guérangé et Lasserre, 1971.
12 Allègre et Caby, 1972.

* Minéral présenté comme "lépidolite" dans la référence [7]. D'après M. Meindre (1959) : échantillon contenant 1,3 % Li, et prélevé "sur le flanc ouest du Tesnou".

** Mieux vaut parler de muscovite lithinifère. D'après la référence [3], "zinnwaldite" prélevée au "sommet de l'Aheleheg'" dans un "granite à biotite". On peut en effet supposer un mica ± lithinifère, lié à l'ellipse claire.

*** Attribution douteuse. Peut-être comparable à l'échantillon suivant qui provient d'un greisen du Torak (analyse m.40 de l'annexe IV).

**** Age calculé avec $^{87}Sr/^{86}Sr$ initial = 0,712. Avec un rapport de 0,705, plus vraisemblable pour ce type de massif, l'âge devient : 555 MA (comm. pers. de C. Lay).

(1) Les accolades de la 3ème colonne indiquent que les fractions proviennent d'un seul échantillon. Les âges inscrits sur la même ligne ont aussi été obtenus à partir du même échantillon.

Commentaire du tableau 3

Se trouvent exclus de ce tableau les résultats fournis par des diagrammes (Concordia, isochrones). Il importe de les rappeler. Seuls les trois premiers se rapportent à des massifs mentionnés sur le tableau.

1 - Le diagramme Concordia, qui attribue à plusieurs massifs de l'Ahaggar, dont l'Adrar Tinnirt et le Ti-n-Touafa, un âge d'environ 650 MA (réf. 8).

2 - Les isochrones du Tioueiine et de l'Iskel (9), massifs dont l'âge (560 ± 40 MA) peut être supposé du même ordre que celui du Tesnou 1 pour lequel nous ne disposons que de datations sur micas.

3 - L'isochrone approchée de l'Imezzarène, qui suggèrerait un âge de l'ordre de 680 MA (réf. 6).

4 - Les 520 ± 20 MA fournis par l'isochrone sommaire de la gara Adjemamaye, massif circonscrit de l'Ahaggar centro-oriental (10).

5 - L'isochrone également très sommaire du granite d'Honag (Ahaggar oriental), donnant un âge de 553 ± 15 MA (11).

6 - L'ensemble des résultats obtenus récemment sur le Tanezrouft oriental (12).

Le tableau appelle peu de commentaires et figure ici pour mémoire. En effet, nous n'avons pas les moyens de discuter chacun de ces âges radiométriques avec des arguments précis (voir aussi à la page 28 de l'introduction générale). Bornons-nous à deux remarques :

1 - Pour les micas datés par deux méthodes : l'âge au K/A est dans deux cas supérieur à l'âge Rb/Sr, dans deux cas il est inférieur, et dans 1 cas (Taessa) la concordance apparaît excellente.

2 - L'âge au K/A obtenu pour la muscovite de Tinnirt Nord retient l'attention. En effet, l'échantillon provient d'une pegmatite. Or on sait que la muscovite en grands cristaux passe pour bien retenir l'argon radiogénique (Armstrong, 1966, etc.). Constatons la bonne concordance de ce chiffre de 650 MA avec l'âge Concordia (8), avec l'âge en K/A d'une biotite de l'Imezzarène (5), et aussi avec l'âge au Rb/Sr (639 ± 19 MA) obtenu sur la muscovite d'un filon quartzeux qui recoupe la série du Pharusien supérieur (6).

PLANCHES

PLANCHE 1

CURIOSITES MORPHOLOGIQUES DE DETAIL DANS LES MASSIFS GRANITIQUES : LES TAFFONI ET LES "TOITS"

Photos 1 à 5 - Erosion alvéolaire (Taffoni)

Les granites affectés par l'érosion alvéolaire ont en général un grain moyen et une texture équante. Ils ne sont guère porphyroïdes. Leur chimisme est alcalin (photos 1 et 2), subalcalin (photos 4 et 5), calco-alcalin franc (photo 3) : il ne semble donc pas que le degré d'alcalinité excerce un contrôle sur la formation des taffoni. Aucune relation avec les vents dominants : les taffoni de la photo 4, par exemple, suivent une diaclase importante, et des formes semblables apparaissent le long de tout escarpement jalonnant une diaclase, quelle qu'en soit la direction.

Photos 1 et 2 - I-n-Tounine, dans les reliefs bordant le "plateau d'I-n-Tounine" au Sud.

Photo 3 - Dans la "zone intermédiaire" de l'Imehellatène médian. Contrairement aux apparences, il ne s'agit pas d'une empreinte laissée par un Abominable Pétrographe dans le magma encore pâteux! La cavité principale mesure environ 50 cm de hauteur.

Photos 4 et 5 - A l'Elbema Est.

Photos 6 à 8 - Les "toits"

Photo 6 - Massif de Renaissance.

Photo 7 - Imehellatène Nord.

Photo 8 - Dans la couronne externe de l'ovale d'Iseddiène.

Impossible de passer sous silence cette véritable curiosité naturelle. Les "toits" sont formés par la dilatation, le décollement et la rupture de dalles qui étaient primitivement plates ou peu inclinées. Les photos fournissent quelques indications sur l'échelle du phénomène : la portée des toits est de l'ordre du mètre, parfois davantage ; les feuillets décollés ont de l'ordre de 5 à 20 cm d'épaisseur.

Alors que la crête du toit est toujours marquée par une cassure, le raccord avec la partie non soulevée de la dalle peut être courbe et progressif. Mais ce cas paraît rare ; il semble correspondre à un stade intermédiaire, la rupture ne se produisant que plus tard.

Précisons que les toits se forment de préférence dans du granite assez grossier. On n'en trouve que de loin en loin : il n'y a pas de "site" où ils prolifèrent. La liaison à des granites tardi- et post-tectoniques paraît nécessaire, dans la mesure où ce sont ces massifs qui présentent une desquammation en feuillets horizontaux (voir à ce propos Oen, 1965). Je ne connais pas de toits dans les unités circonscrites qui forment l'Ouest du Tig'elamine et du Ti-n-Touafa, mais ils ont pu m'échapper. En revanche, il en a été rencontré dans les granites post-tectoniques de Laouni, au Sud du compartiment suggarien central.

Au total, c'est sur les regs et dans les archipels qui entourent l'Ahaggar central que l'on a le plus de chances d'observer ces toits à de nombreux exemplaires : donc, avant tout, dans les Taourirts du fossé pharusien. Cette localisation s'explique sans doute par un facteur climatique.

Cependant, P. Rognon (1967-b) signale d'autres toits dans les Taourirts de la région de Tamanrasset. Il démontre leur origine par un phénomène de thermoclastie. Mais l'échelle ne paraît pas la même que pour mes exemples : les plaques n'ont que 2-3 cm d'épaisseur, et sont formées de granite peu grossier.

Signalons que des toits ont été observés au Groënland, dans une syénite grossière, massive et peu diaclasée (Harry et Pulvertaft, 1963). Il ne s'agit donc pas d'une particularité des régions sahariennes.

1

2

3

4

6

5

7

8

PLANCHE 2

-=-=-=-=-

TYPES DE RELIEFS GRANITIQUES DANS LE FOSSE PHARUSIEN

Les photos 1 à 4 montrent des reliefs de granite calco-alcalin porphyroïde à gros grain.

Photo 1 - Coupole double sur le bord occidental du pluton de Ti-n-Touafa, à la latitude du puits de Ti-n-Tanetfirt. Vue de l'Est.

Photo 2 - Dalles du versant sud-est de l'Adrar Tesnou s.str., dans l'Est de l'unité 1, 8 km au SW du pic de Tesnou.

Photo 3 - Desquammation du granite à longs microclines du Tesnou 1, à l'extrémité orientale de l'Iziikar-ouin-Arhelad. Il n'existe aucun rapport entre la forme de ce dôme et la structure primaire du granite (fluidalité plane subhorizontale : voir page 134).

Photo 4 - Coupole sur le bord ouest de l'unité 1 du Tesnou, dans le granite à longs microclines d'Arhelad. Même remarque que pour la photo 3.

Photo 5 - Dans le reg central de "l'ovale d'Isediène". Au premier plan, rochers de granite calco-alcalin à gros grain. A droite, les reliefs de la couronne interne, constitués surtout par des granites subalcalins assez grossiers. Voir aussi la photo 2 de la planche 3.

Photo 6 - Falaise diaclasée dans le Nord de l'Adrar Tioueiine. Le granite est assez grossier, équigranulaire, de chimisme alcalin.

Photo 7 - Clochetons abrupts et pentes ± couvertes d'éboulis fins, au coeur de l'Imehellatène Nord (granite alcalin à grain fin).

1

2

3

4

5

6

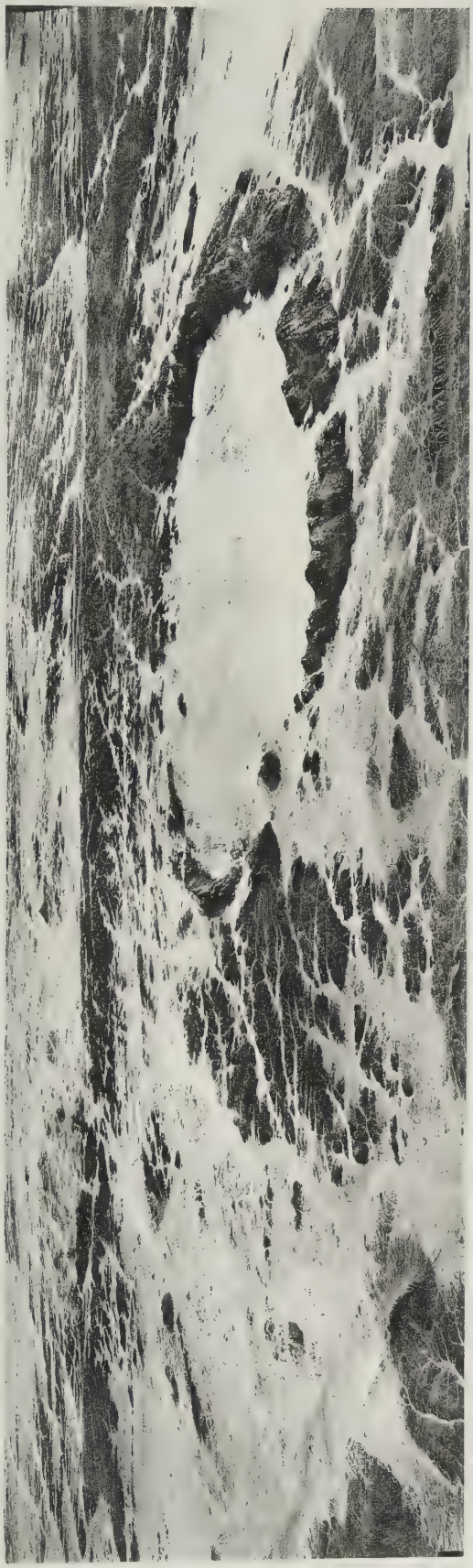
7

PLANCHE 3

DEUX MASSIFS ("TAOURIRTS") A STRUCTURE CONCENTRIQUE DU FOSSE PHARUSIEN, VUS D'AVION

Photo 1 - Le Tihaliouine, vu par l'Ouest. Diamètre : près de 15 km. Au premier plan à droite : les serpentines de Tihaliouine. Derrière le Taourirt, on distingue la dislocation des 4°50', parallèle au bord supérieur de la photo.

Photo 2 - "L'ovale" d'Iseddiène, vu du Nord Est. A droite, l'Adrar Iseddiène s. str.. Longueur totale : plus de 15 km. On distingue la couronne externe aplanie, les reliefs de la couronne interne, le reg central.



1

2

PLANCHE 4

LES DIAPIRS DE TINNIRT : VUE AERIENNE VERTICALE

Echelle : 1/125 000 environ. Comparer avec la figure 3 du texte. On distingue : à gauche le bord oriental du pluton de Ti-n-Touafa, au centre l'ellipse sombre de l'Adrar Tinnirt, au centre nord l'amande claire du Tinnirt Nord, en haut à droite une portion du massif de l'oued Amag'ar.

Pour réaliser cette planche, on a réduit un assemblage composé des photos aériennes suivantes :

NG 31 IV-V n° 155 à 159, 200 à 204, 239 à 243, 693 à 697.

(Cliché I.G.N.)

PLANCHE 5

ASPECTS DONNES PAR LE DIAPIRISME GRANITIQUE DANS LE FOSSE PHARUSIEN :

LES STRUCTURES $P\gamma$ - $S\gamma$

Photo 1 - Surfaces subhorizontales $S\gamma$, au toit du diapir de Tinnirt Nord, dans des gréso-pélites recristallisées. Sur la falaisette du devant de la photo, on devine la trace d'une surface verticale plus ancienne (S1 ou S2).

Photo 2 - Plis $P\gamma$ à plans axiaux horizontaux dans les conglomérats de l'encaissant du Tinnirt Nord. Les galets ont été extrêmement aplatis et étirés lors d'une déformation antérieure (P2) : ils dessinent la plupart des plis $P\gamma$ visibles sur le cliché.

Photo 3 - (Cliché I.G.N.) Vue aérienne verticale du diapir de Ouest Idireksi (extrait de la photo NG 31 X-XI, n° 547 ; échelle : 1/50 000 environ). A droite, les grandes barres de cipolins de l'Adrar Idireksi. A gauche, moins en relief, des schistes.

Photo 4 - Débit $S\gamma$ en planchettes, au toit du diapir de l'oued Ameder. Le sommet de la coupole, et l'affleurement de granite, se trouvent à gauche de la photo (vers le Nord). D'où le léger plongement des surfaces $S\gamma$ vers la droite.

Photo 5 - Même sujet et même affleurement que pour la photo 4.

Photo 6 - Plis $P\gamma$ peu marqués et surfaces $S\gamma$ au voisinage du diapir de Tinnirt Nord (le diapir se trouve à droite de la photo).

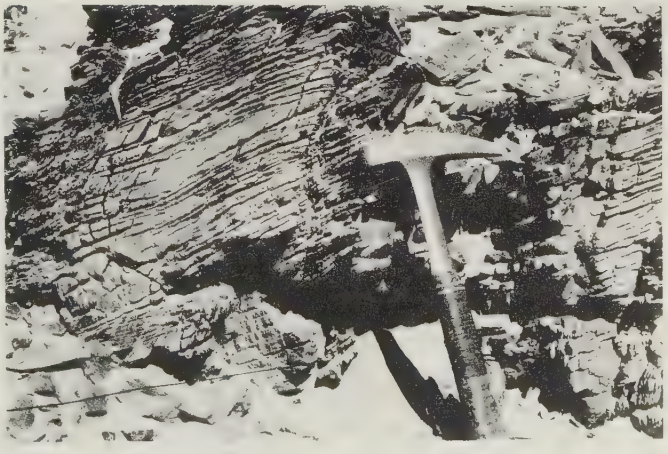
1

2

3

4

5



6

PLANCHE 6

AUREOLES DES PLUTONS CONCORDANTS ET DES DIAPIRS DANS LE FOSSE PHARUSIEN

Photo 1 - Plis P3 à 7 km au Nord de l'Adrar Tinnirt, vus à plat. Le Nord est à gauche.

Photo 2 - Mince travée concordante de granite gneissique dans l'auréole orientale du Tig'elamine, au pied des reliefs du Tesnou 1.

Photo 3 - Meneau basculé de 40° vers le Nord, 3 km au Nord de l'Adrar Tinnirt, dans des métavolcanites acides. Le basculement du meneau est dû au diapirisme de l'Adrar Tinnirt, ou à un grand pli P3 synchrone de la mise en place diapirique.

Photo 4 - Dans les micaschistes de l'auréole du Tinnirt Nord, microplis P3, et grandes muscovites parallèles aux surfaces S3 (x 28).

Photo 5 - Microplis P3 ou Pγ dans l'auréole du Tinnirt Nord, se resserrant contre une andalousite séricitisée (x 12).

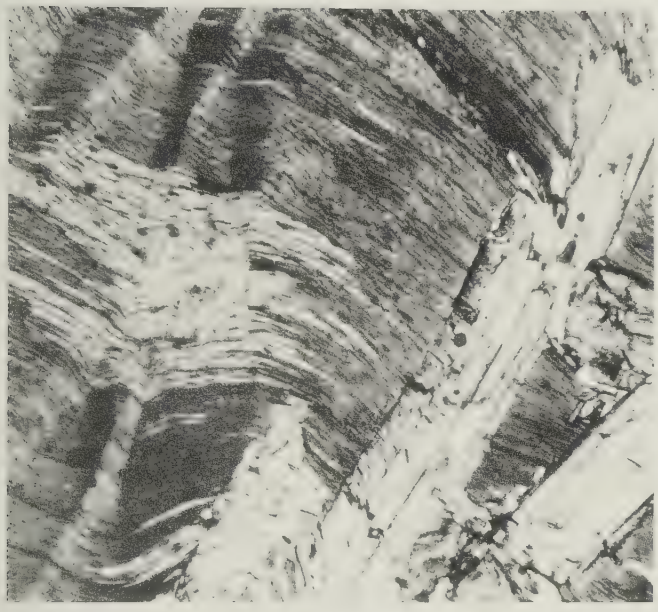
Photo 6 - Lame mince (LN, x 4,5) taillée dans l'auréole orientale du Tig'elamine. On distingue des microplis de la stratification, marqués par des bandes de biotite et par des cordiérites séricitisées. Les biotites dessinent la foliation de plan axial.

Photo 7 - Détail de la photo précédente, pris dans une charnière de micropli (x 40). Foliation très nette, oblique à cet endroit sur la stratification. Texture en mosaïque, évoquant une cornéenne. En blanc : quartz et oligoclase. Tout à fait à droite : cordiérite séricitisée.

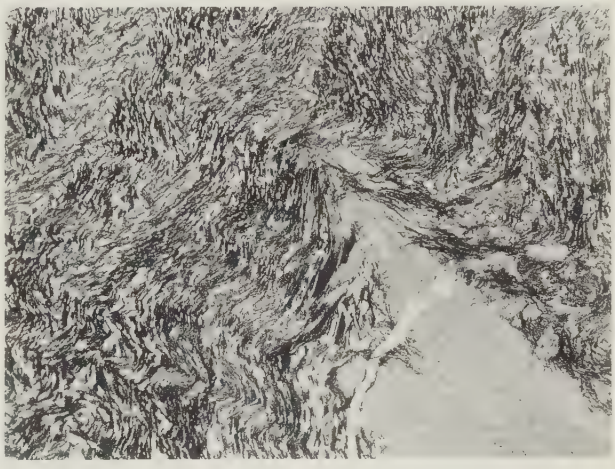
1

2

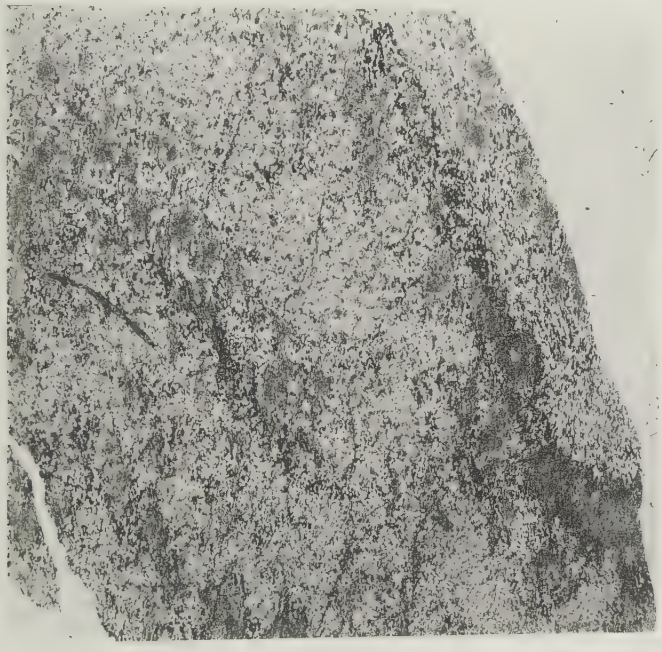
3



4



5



6

7

PLANCHE 7

EXEMPLES DE CONTACTS GRANITE-ENCAISSANT DANS LE FOSSE PHARUSIEN (1)

N.B.- Les photos 1, 2, 3, 4 et 6 sont extraites de M. Gravelle (1969) et reproduites avec l'autorisation de l'auteur.

Photos 1 à 4 - Structures ptygmatiques dans l'auréole du pluton de l'Imezzarène.

Photo 5 - Brèche au contact oriental du Taourirt d'Imehellatène Sud. Voir aussi les figures 41 dans le texte.

Photo 6 - Tronçon rectiligne du contact du Tihoiiarène (comparer avec la photo 5 de la planche 8).

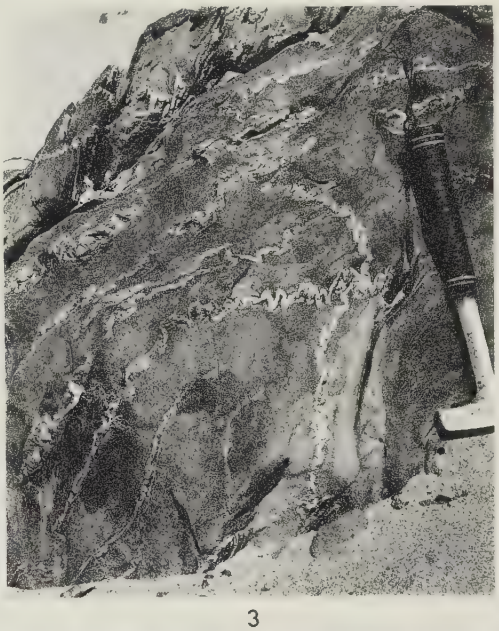
---

(1) Voir aussi les photos suivantes : planche 6, n° 2 ; planche 8, n° 5.

1

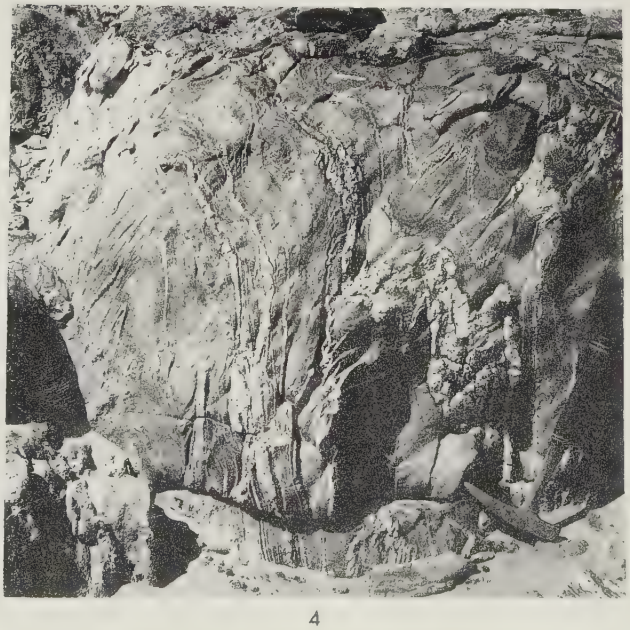
2

5



3

6



4

PLANCHE 8

L'AUREOLE DU TESNOU 1 ET DU TI-N-EZZOUA

Photos 1 à 4 - Développement de la schistosité S3 parallèle au contact nord du Tesnou 1. Sur les photos 2 et 3, cette schistosité matérialise les plans axiaux de replis de surfaces S-S1. Sur les clichés 1 (pris à plat) et 4 (pris verticalement), il apparaît un débit en crayons ; la schistosité correspond aux lignes horizontales de la photo 1 et aux surfaces ombragées de la photo 4.

Photo 5 - Contact du Tesnou 1 et des cornéennes, sous le sommet principal de l'Iziikar-ouin-Ataram. Malgré les structures d'accordance forcée que montrent les photos 1 à 4, le contact apparaît tout à fait discordant, ce qui n'est pas le cas avec les diapirs concordants du type Adrar Tinnirt. Remarquer le dessin en tronçons rectilignes de la limite (comparer avec la photo 6 de la planche 7).

Photos 6 et 7 - Pegmatites à muscovite, mises en place dans la schistosité S3 parallèle au massif, et boudinées. Photo 6 : "Chou-fleur" au Nord du Tesnou 1 ; photo 7 : boudins à l'Ouest du Ti-n-Ezzoua Sud.

Photo 8 - Muscovite sans orientation, post-cinématique, superposée à un fond de biotite orientée, dans l'auréole d'une pegmatite à muscovite liée au Tesnou 1 (x 53).

Photo 9 - Arcs polygonaux de biotite contournant une cordiérite (en bas) dans le ruban d'encaissant qui court entre les deux Ti-n-Ezzoua (x 64).
Dans le haut de la photo, au milieu et vers la gauche, on distingue des orthoses à petites inclusions de quartz.

1

2

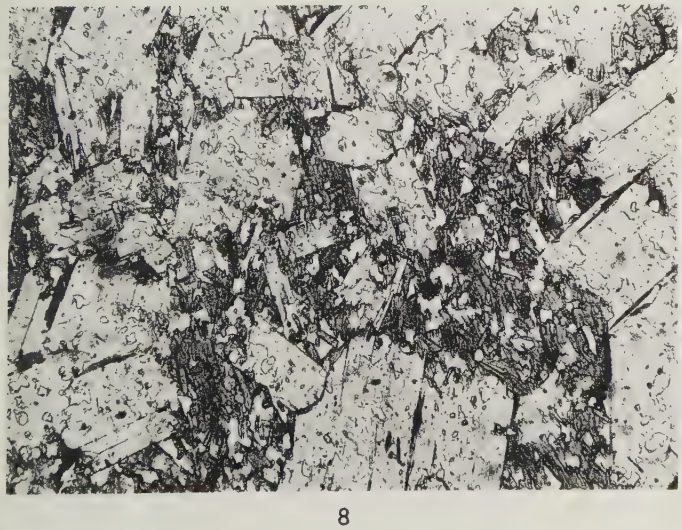
3

4

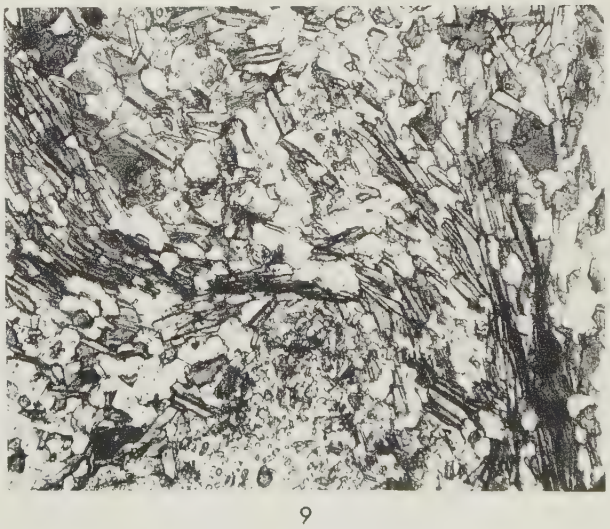
5

6

7



8



9

PLANCHE 9

GEOLOGIE INTERNE DES TAOURIRTS DU FOSSE PHARUSIEN (1)

Photo 1 - Au coeur de "l'ovale d'Iseddiène" : contact des deux variétés de granite fin. La plus fine des deux est découpée par l'autre en blocs plus ou moins anguleux.

Photo 2 - Liséré de mélange au contact du granite grossier de Tesnou 1 (à gauche) et du "filon-enclave" de microgranite porphyrique (voir le texte, page 157).

Photo 3 - Enclaves microgrenues en fuseaux dans l'Ouest du Tesnou 1, sur la rive droite de l'oued Tehi-n-Addou.

Photo 4 - Aplo-pegmatites rubanées à zinnwaldite d'Elbema Est.

Photos 5, 6 et 7 - Trois aspects du contact net entre le granite périphérique à gros grain et le granite central à grain moyen du Taharhaït-n-Abror n° 2. Les clichés ont été pris à quelques mètres les uns des autres.

Photo 5 - Contact marqué par une zone à schlieren de ferromagnésiens. Le schlieren externe est légèrement corrodé par le granite grossier (comparer avec pl. 10, photo 7).

Photo 6 - La zone à schlieren se réduit à un étroit liséré noir.

Photo 7 - Pas de schlieren.

1

2

3

4

5

6

7

PLANCHE 10

GEOLOGIE INTERNE DES TAOURIRTS DU FOSSE PHARUSIEN (2) :

LES SCHLIEREN SURMICACES

(voir aussi les figures 27 et 48 dans le texte)

Photo 1 - Schlieren de l'ovale d'Iseddiène, vus à plat.

Photo 2 - L'érosion a sectionné un schlieren en forme de gouttière à fond gauchi ; le creux de la "cuillère" est occupé par un amas feldspathique. Dans la zone d'Arhelad du Tesnou 1.

Photo 3 - Schlieren de l'ovale de l'Iseddiène, inclinés vers l'extérieur.

Photo 4 - Dans le même massif, schlieren subhorizontaux.

Photo 5 - Vue générale des schlieren jalonnant le contact entre le granite monzonitique (à droite) et le leucogranite du Ti-n-Akkor.

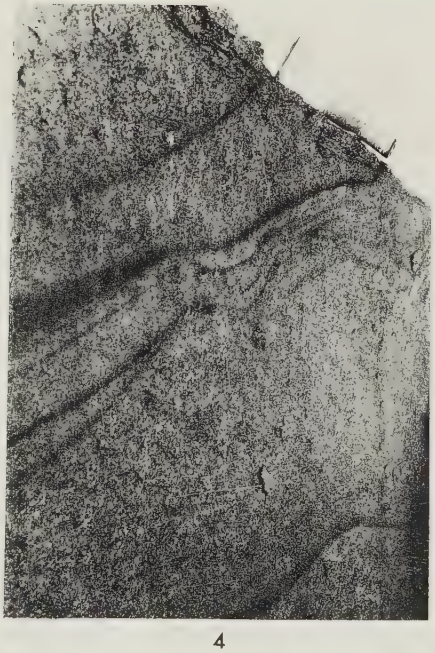
Photo 6 - Détail de l'affleurement précédent : des microclines couchés, longs de 1 cm en moyenne, soulignent la fluidalité dans un ruban surmicacé.

Photo 7 - Détail du même affleurement : aspect rythmique du schlieren, avec dans chaque "séquence" un passage graduel entre la zone sombre et la zone à phénocristaux orientés de microcline. Remarquer la limite nette de chaque séquence. En haut, corrosion du schlieren externe par le leucogranite (comparer avec la photo 5 de la planche 9).

1

2

3



4

5

6

7

PLANCHE 11

MICRODIORITES ET HYBRIDES DE L'IMEHELLATENE (PHOTOS 2, 3, 4) ET DU TI-N-ERIT (PHOTOS 1, 5, 6) (1)

Photo 1 - Phénocristal d'amphibole pseudomorphosé en biotite (x 15).

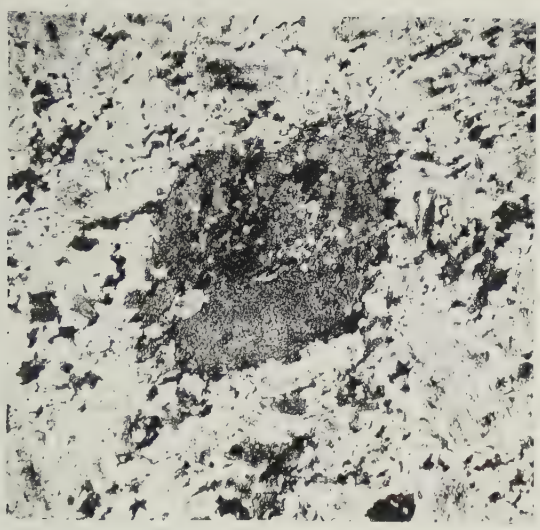
Photo 2 - Agrégat d'amphiboles aciculaires à coeur peu coloré (x 20). Chaque baguette est elle-même recristallisée en un amas de cristaux informes.

Photo 3 - Ocelles de quartz et couronnes de hornblende (x 12).

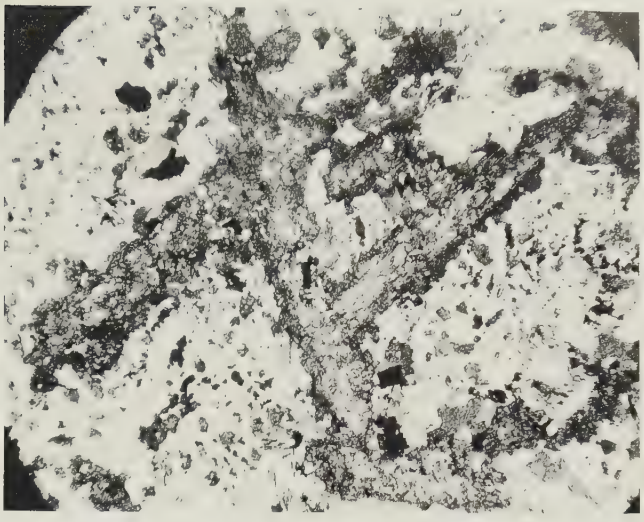
Photo 4 - Exemple d'hybride vu en lame mince (x 12). La photo macroscopique de l'échantillon se trouve sur la planche 12 (n° 4). Les plages fines sont en microdiorite ; la structure à longs plagioclases s'y devine par endroits. Les plages plus grossières sont formées de quartz, d'oligoclase subautomorphe, de microcline en mosaïques de grains polygonaux.

Photo 5 - Dans les tonalites de la bordure protoclastique du Ti-n-Erit : oligoclase brisée, primitivement automorphe, à coeur corrodé ("patchy-zoning") (x 12). Voir aussi la photo 7 de la planche 12.

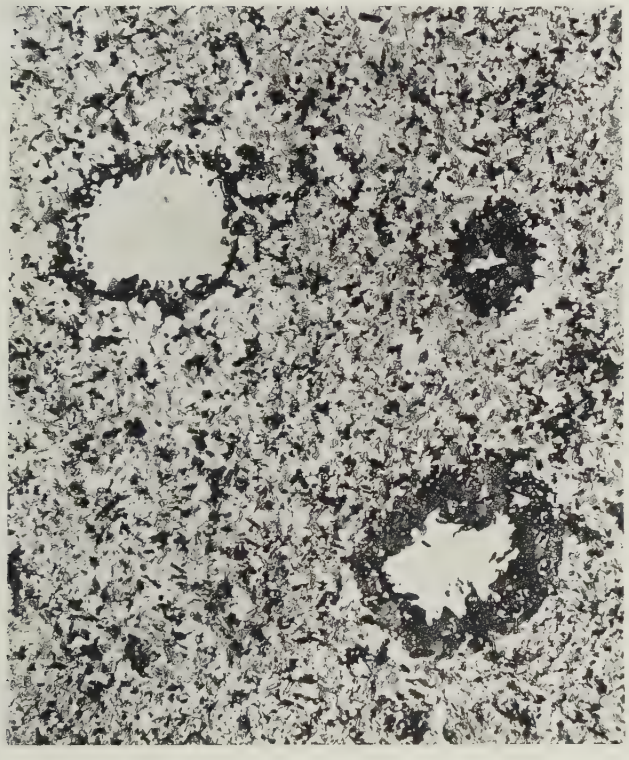
Photo 6 - Microtonalite à petits "phénocristaux" d'andésine (x 7).



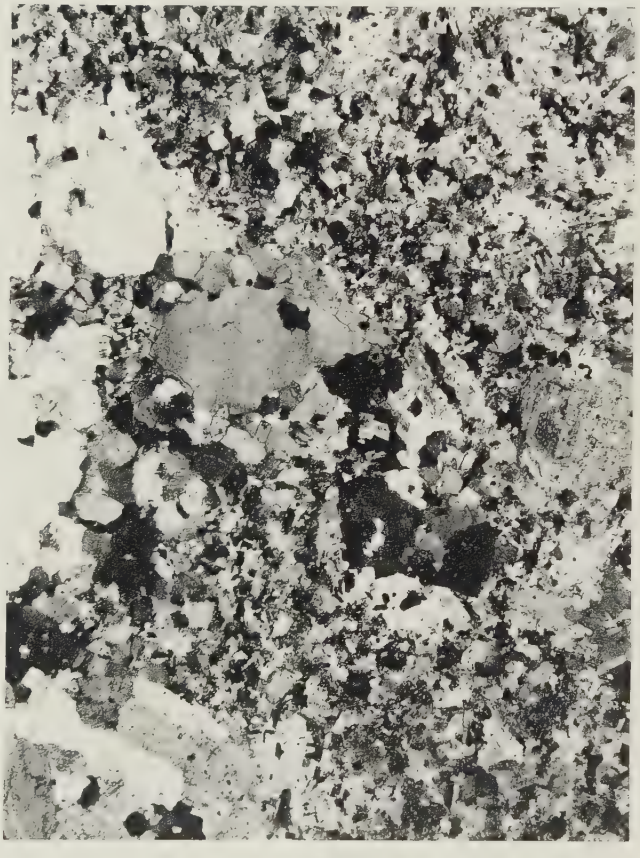
1



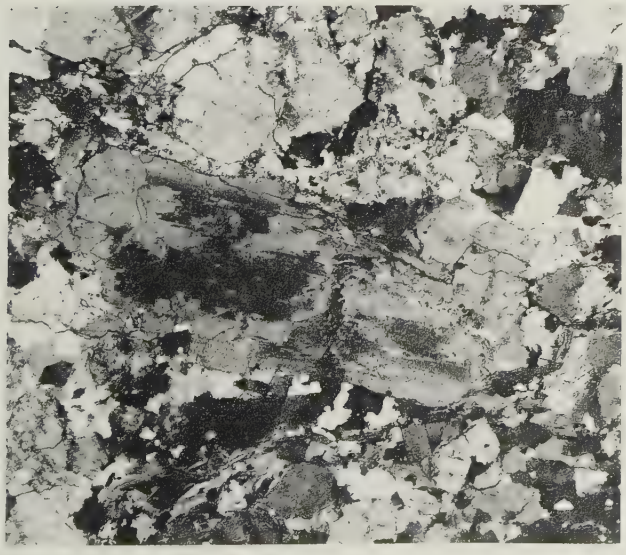
2



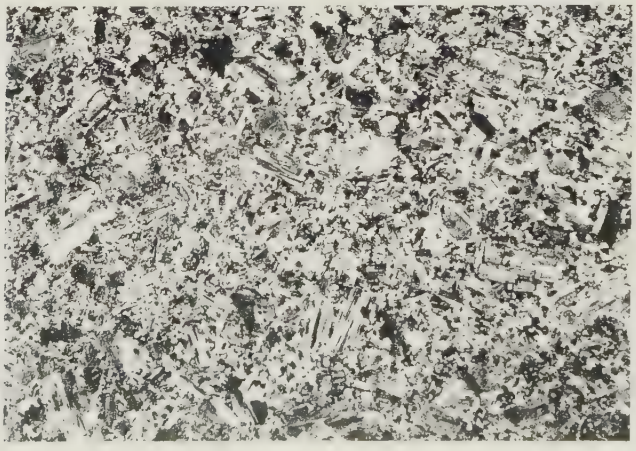
3



4



5



6

PLANCHE 12

MICRODIORITES ET HYBRIDES DE L'IMEHELLATENE (PHOTOS 1 à 6) ET DU TI-N-ERIT (PHOTO 7)

(2)

Photo 1 : Petite enclave de microdiorite dans une plage granitique. On aperçoit les plagioclases allongés des deux roches (x 11).

Photo 2 : Détail du contact entre une enclave de microdiorite et une plage granitique ; dans cette dernière, on aperçoit notamment un plagioclase allongé et zoné d'origine magmatique, et du microcline formant des mosaïques recristallisées (x 32).

Photo 3 - Détail d'une enclave de microtonalite, montrant un enchevêtrement confus de plagioclases plus ou moins allongés (x 35).

Photo 4 - Echantillon d'hybride. (Grandeur nature).

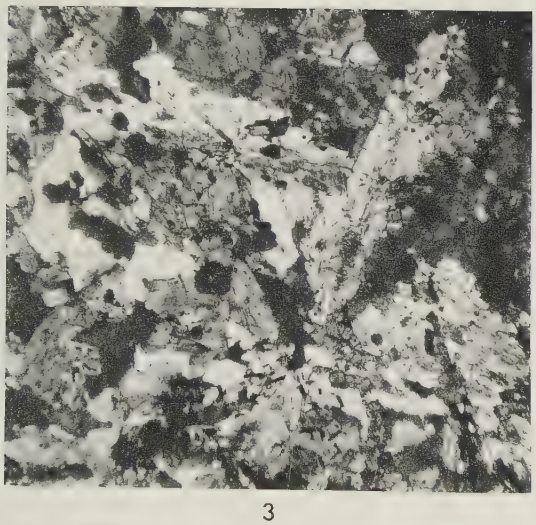
Photo 5 - Cristal automorphe de plagioclase dans une mésostase recristallisée de microtonalite (x 30).

Photo 6 - "Eponges" de quartz dans de la microtonalite recristallisée (x 30).

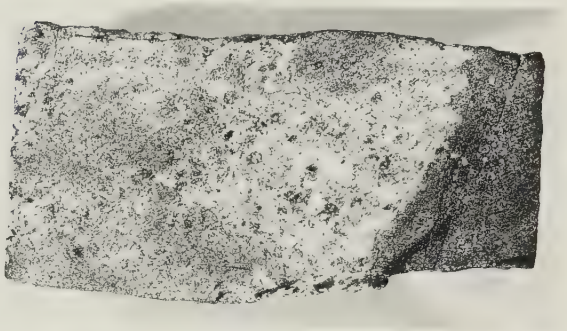
Photo 7 - Dans les hybrides de la bordure protoclastique du Ti-n-Erit : "yeux" de plagioclase à coeur corrodé et de microcline (x 17). Voir aussi la photo 5 de la planche 11.

1

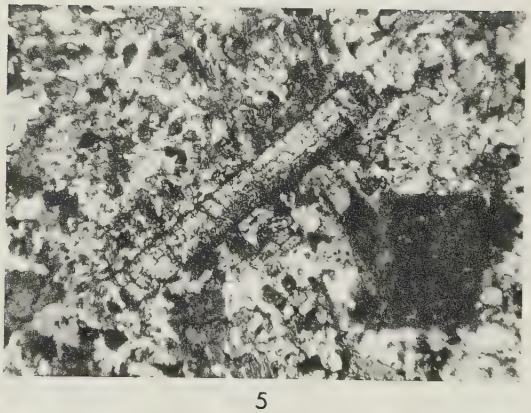
2



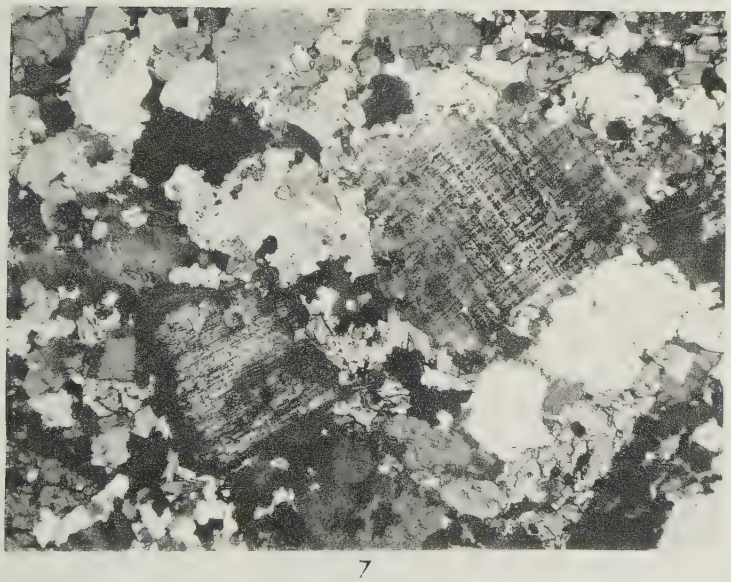
3



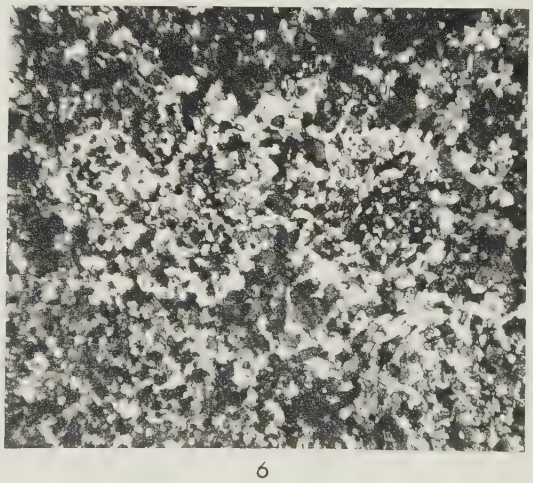
4



5



7



6

PLANCHE 13

PETROGRAPHIE DU GRANITE CALCO-ALCALIN COURANT DANS LES TAOURIRTS DU FOSSE PHARUSIEN (1) - DIVERS

Photo 1 - Le granite calco-alcalin à longs microclines d'Arhelad, dans le Tesnou 1 (x 0,5).

Photo 2 - Lame mince de l'échantillon de la photo 1 (x 11). En bas : microcline maclé Carlsbad. En haut : oligoclases automorphes.

Photo 3 - Dans l'Ouest du Tig'elamine. Oligoclases automorphes et zonées, manifestement magmatiques, au milieu d'un schlieren surmicacé (x 12).

Photo 4 - Dans le granite monzonitique du Tihaliouine : microcline maclé Carlsbad, à inclusions automorphes d'oligoclase (x 4).

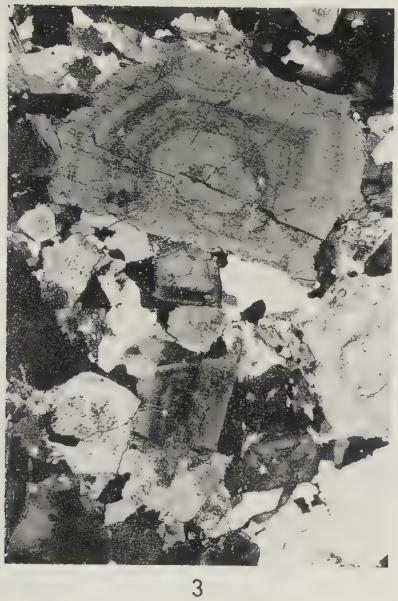
Photo 5 - Le granite monzonitique du Taharhaït-n-Abror (x 0,7). Plagioclase en blanc, microcline et quartz en gris.

Photo 6 - Le filon incurvé de syénite à ferrohastingsite sur la rive nord de "l'île de Rum" (massif de Tioueiine, à l'Ouest).

Photo 7 - Dans les "hybrides" du Sud Est du Ti-n-Erit. Bras de granite, reprenant de la tonalite hétérogène à grain et couleur variables. On distingue l'orientation liée à la protoclase.

1

2

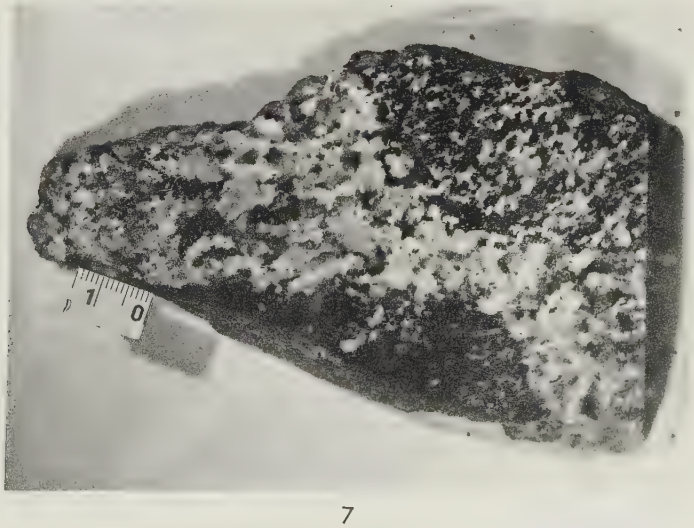


3

4

5

6



7

PLANCHE 14

PETROGRAPHIE DU GRANITE COURANT ET DE SES VARIATIONS DANS LES TAOURIRTS DU FOSSE PHARUSIEN (2)

Photo 1 - Orthose zonée dans le granite central du Tioueiine. Vers la gauche, en noir : quartz à tendance graphique (x 38).

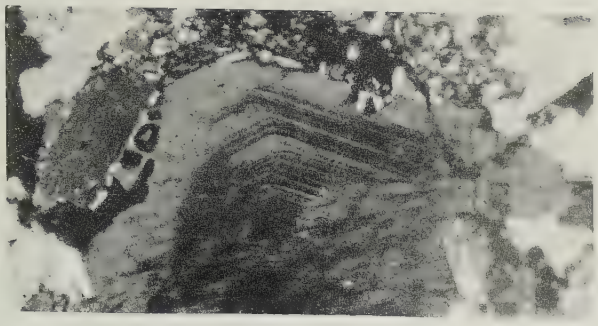
Photo 2 - Granite central de l'Aït-Oklan : une variété à grain moyen. Tendance automorphe des feldspaths (grands microclines, petites oligoclases) (x 4).

Photo 3 - Granite de la couronne externe de l'ovale d'Iseddiène. Grain homogène. Feldspaths subautomorphes parfois, mais trapus (x 4).

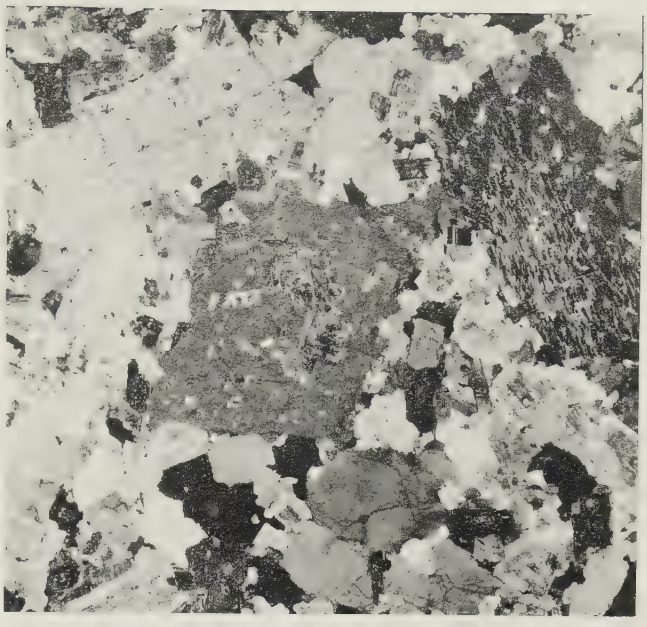
Photo 4 - Granite très fin du centre de l'ovale d'Iseddiène. Remarquer surtout les prismes d'oligoclase (x 6,5).

Photo 5 - Zonation à la bordure d'un microcline de l'Iseddiène (x 35).

Photo 6 - Dans l'ovale d'Iseddiène : le granite hétérogranulaire, intermédiaire entre la variété très fine (photo 4) et le type grossier. Automorphie des feldspaths (x 14).



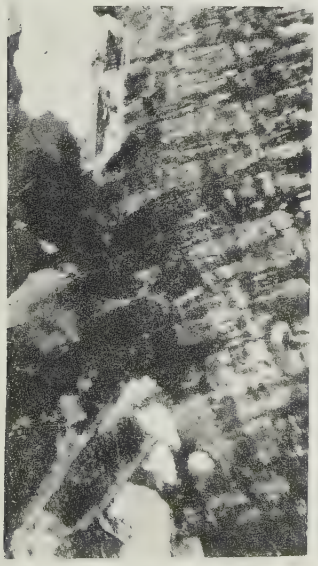
1



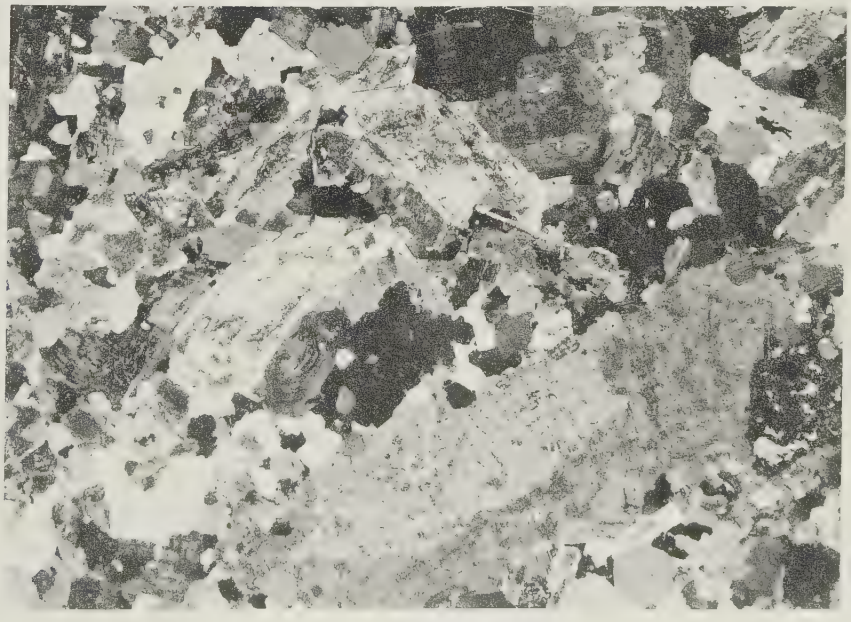
2

3

4



5



6

PLANCHE 15

LEUCOGRANITES EN STOCKS ET EN COURONNES PERIPHERIQUES DANS LES TAOURIRTS DU FOSSE PHARUSIEN

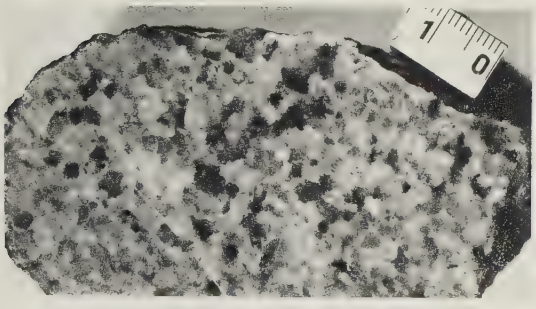
Photo 1 - L'alaskite de l'Adrar Iseddiène (x 6,5). Ce cliché donne un aperçu typique des granites alcalins à albite et microcline, tels qu'on les rencontre dans les Tesnou 5 et 6, dans le Tikertine, dans les parties évoluées de la couronne du Tihaliouine et dans le croissant occidental du Teg'orak.

Photo 2 - Le granite des reliefs du Tioueiine. Par sa structure, l'échantillon semble assez représentatif des leucogranites photographiés sur cette planche ; toutefois, il est un peu plus grossier que la moyenne.

Photo 3 - Détail de l'alaskite du Tesnou 6 (x 30).

Photo 4 - Aspect le moins différencié de la couronne du Tihaliouine : leucogranite alcalin à subalcalin, riche en albite-oligoclase assez automorphe et peu maclée (comparer avec l'albite maclée des photos 1 et 3) ; vers le bas du cliché, taches de microcline corrodant l'intérieur d'un plagioclase (x 11).

1



2

3

4

PLANCHE 16

DETAILS D'EVOLUTION POSTMAGMATIQUE DANS LES TAOURIRTS DU FOSSE PHARUSIEN

Photo 1 - Pseudomorphose de hornblende en biotite dans un schlieren de la couronne externe d'Iseddiène (x 12). Cf. la photo 4.

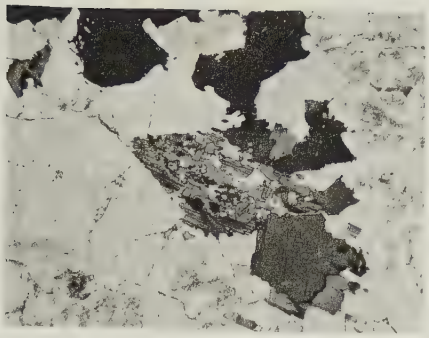
Photo 2 - Biotite présentant une bordure blastique au contact des feldspaths, dans la frange leucogranitique de l'Imehellatène Nord (x 12). Comparer avec les photos 3 et 4 de la planche 22.

Photo 3 - Fluorine (en noir) corrodant des plagioclases sodiques (limite albite-oligoclase) dans la bordure leucogranitique de l'Imehellatène médian, au Sud des "Gémeaux" (x 30).

Photo 4 - Biotite pseudomorphosant une hornblende coupée selon l'axe c, dans un schlieren du leucogranite occidental de Ti-n-Akkor (x 11). Cf. la photo 1.

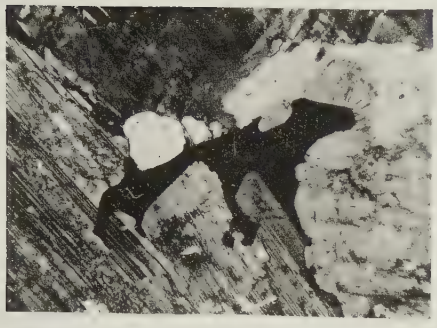
Photo 5 - Syénite quartzifère de type "hypersolvus", appartenant aux filons incurvés du Tioueiine (x 11).

Photos 6 et 7 - Dans la couronne externe d'Iseddiène (x 15). Coexistence d'oligoclase primaire, automorphe et zonée (par exemple le cristal sombre en haut de la photo 6), et d'albite secondaire qui corrode le microcline sous forme de taches diffuses et de cristaux mal formés.



1

2



3

5

4

7

6

PLANCHE 17

DETAILS DIVERS OBSERVES EN LAME MINCE : SYNNEUSIS, "PATCHY ZONING", FIGURES DE PROTOCLASE, GENERATIONS DISTINCTES DE QUARTZ, ETC.

Photo 1 - Exemple de protoclase dans la syénite hybride de "Skye" au Tioueiine. Oligoclase zonée de type automorphe, brisée et bordée à droite par une nouvelle oligoclase (x 30).

Photo 2 - "Patchy zoning" dans un plagioclase des "hybrides" du Ti-n-Erit (x 11). Cf. photo 7 ci-dessous, et planche 12, photo 7.

Photo 3 - Plagioclases en synneusis dans le granite central du Tioueiine (x 26).

Photo 4 - Plagioclases en synneusis dans le granite monzonitique à grain moyen de l'Imehellatène médian ("zone intermédiaire") (x 31).

Photo 5 - Dans le granite syncinématique de l'Abarga (Ahaggar central) : oligoclase traversée par des filets de microcline (x 32).

Photo 6 - Oligoclase automorphe, moulée par du microcline interstitiel (microcline en noir, perthites en blanc). Dans le granite central du Tioueiine (x 55).

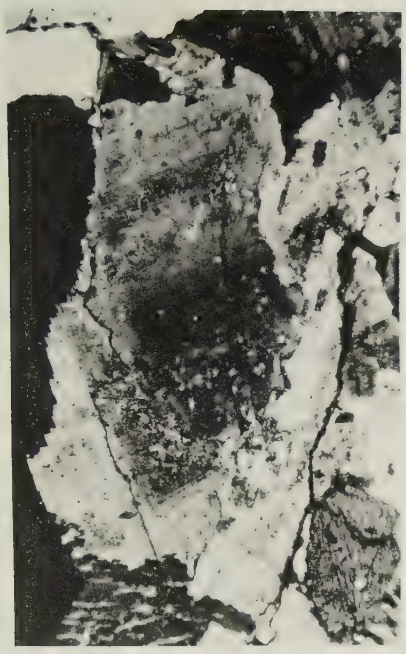
Photo 7 - "Patchy zoning" dans un plagioclase des "hybrides" du Ti-n-Erit (x 32).

Photo 8^{A} - Granite hypersolvus des reliefs du Ti-n-Erit (x 4).

Photo 8^{B} - Hastingsite interstitielle, cristallisée dans une micro-fissure d'un des filons arqués de syénite au Sud Est du Ti-n-Erit (x 12).

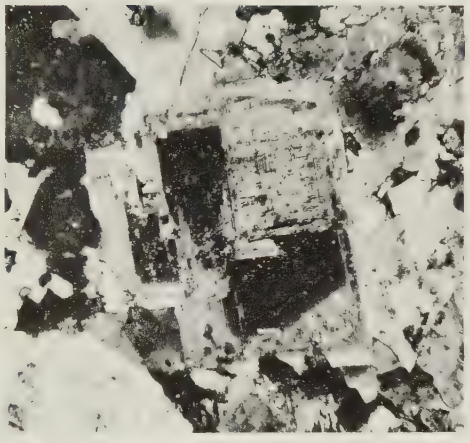
Photo 9 - Dans le "granite hétérogranulaire" à grain moyen de l'Imehellatène médian : quartz hexagonal, un peu corrodé, entouré de quartz II interstitiel. Le quartz I renferme en inclusion une paillette de biotite (x 33).

Photo 10 - Dans le granite de la "zone intermédiaire" du Tioueiine, 2 cristaux bien formés de quartz I, réunis par du quartz II (x 11).



1

2



3

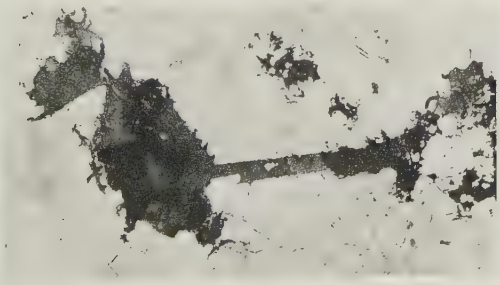
4

5

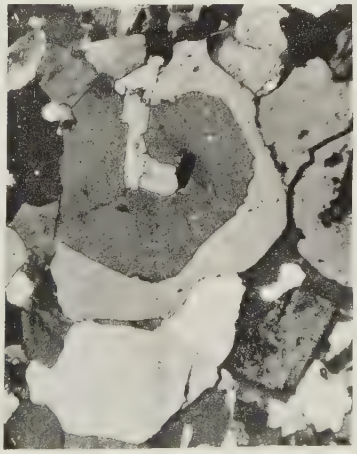
6

7

A



8 B



9

10

PLANCHE 18

QUELQUES PARTICULARITES DES GRANITES SYNCINEMATIQUES [1]

Photo 1 - Le granite monzonitique de Tig'ettaouine (pluton de Ti-n-Touafa) (x 11). A gauche : plage de quartz laminé et recristallisé. Au centre gauche, oligoclase zonée, partiellement automorphe. A droite, oligoclase corrodée de l'intérieur par des bras de microcline.

Photo 2 - Ancien phénocristal brisé de feldspath, recristallisé en un agrégat de petites oligoclases parallèles ; on discerne le fantôme d'une macle de Carlsbad. Dans la blastomylonite bordant au Sud Est le massif de l'Abarga (Ahaggar central) (x 27).

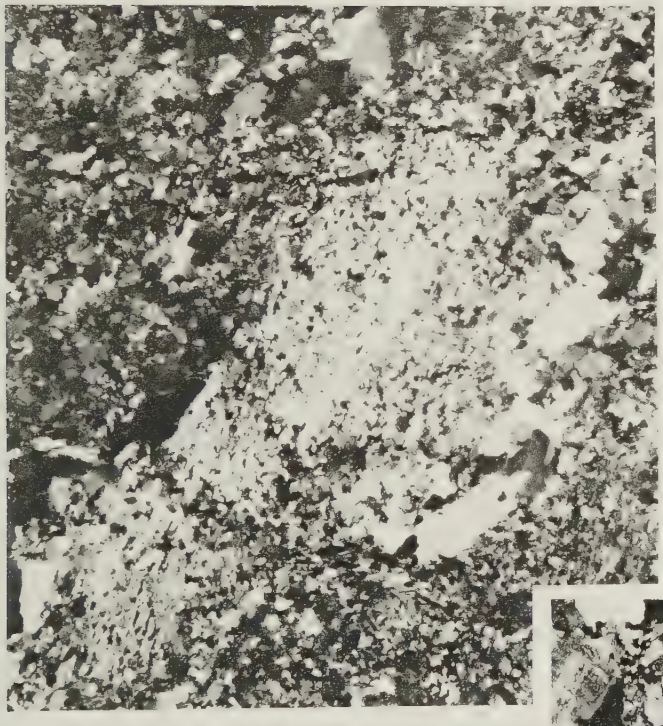
Photo 3 - Perthites limpides à bords nets, coalescentes vers les bords du feldspath-hôte. Dans le Tesnou 2, à un endroit où le granite a subi des contraintes à chaud (x 58).

Photo 4 - Même type de perthites qu'en 3, dans le pluton syncinématique de l'Abarga (x 33).

Photo 5 - Le granite gneissique de la bordure orientale du Tig'elamine (x 11). Texture en mortier, avec minces travées de granite écrasé en voie de recristallisation. Au centre, grand microcline émoussé, attaqué sur ses bords par des bourgeons de myrmékite. Lames irrégulières de quartz. En bas et assez à gauche, une oligoclase subautomorphe un peu ovalisée (teinte claire).

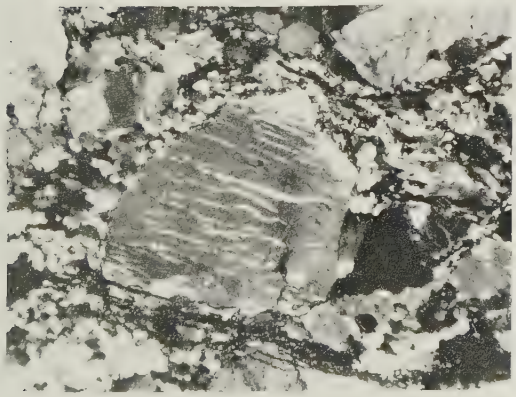
([1]) Voir aussi la photo 5 de la planche 17.

1

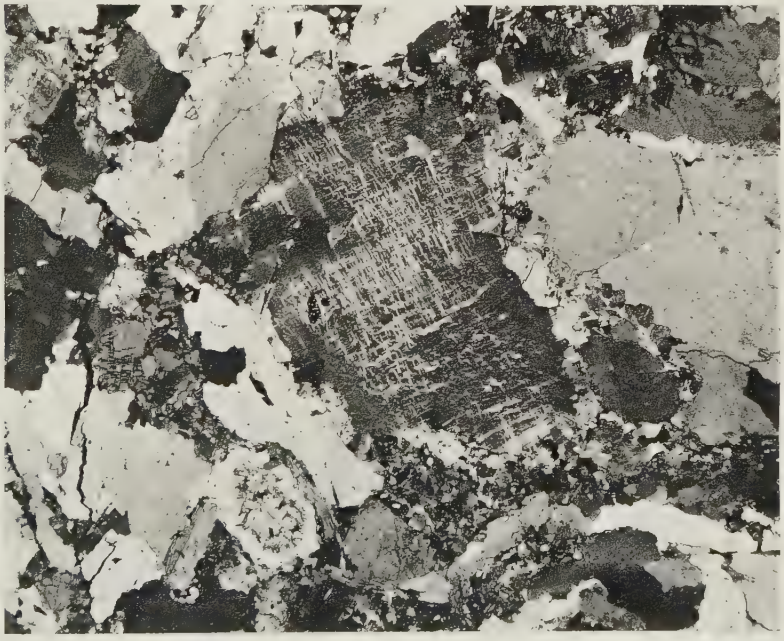


2

3



4



5

PLANCHE 19

PHOTOS DE L'AHELEHEG'

Photo 1 - Contact "au couteau" avec l'encaissant dans l'oued Ouazen, en aval de la gorge. Les taches claires du granite sont des nids de pegmatite.

Photo 2 - Phénocristaux palmés de feldspath potassique dans le filon annulaire d'aplite qui entoure le granite alcalin de "l'ellipse claire". Le centre du stock alcalin se trouve à gauche de la photo.

Photo 3 - Contact sud ouest avec le pendentif d'encaissant de l'oued Ouazen, en amont de la gorge. Détail montrant une enclave d'amphibolite et, en haut à gauche, un nid de pegmatite.

Photo 4 - Même emplacement que la photo 3. Encaissant "dilacéré" et légèrement corrodé.

Photo 5 - Détail de la tuffisite à fragments de migmatites et de granite d'Aheleheg', à l'endroit où elle recoupe un filon de microgabbro dans le massif.

Photo 6 - Filons de microgranite au contact nord, dans l'oued Amezeguine. Le contact, vertical, se trouverait derrière et à droite. Noter les deux granulométries du filon du bas.

Photo 7 - Texture granophyrique dans un filon situé à l'intérieur du massif (x 42).

3

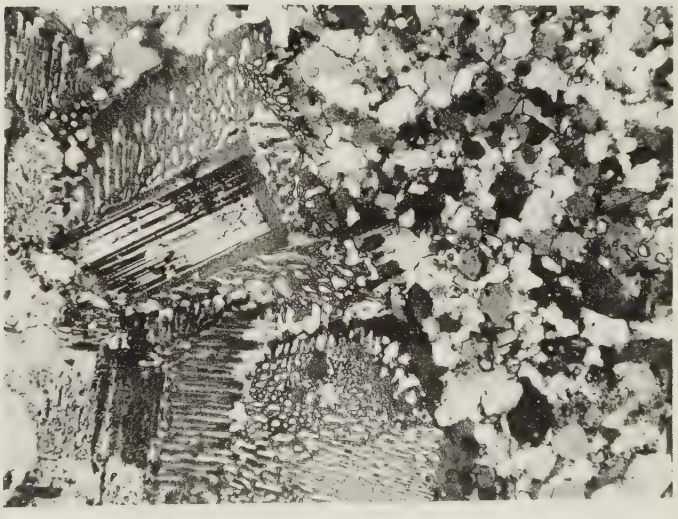
2

1

4

5

6



7

PLANCHE 20

I-N-TOUNINE ET TAESSA : PHOTOS DE TERRAIN

Photo 1 - I-n-Tounine vu du SE : les reliefs entourant la "boutonnière". Au 1er plan : gneiss "suggariens" et terrasses de l'oued Teheleg. Au 2ème plan : dalles claires du granite grossier. Se profilant sur le ciel : à gauche, les collines à boules noires du microgranite monzonitique (distance 2 à 2,5 km) ; au milieu, la crête du Lafat (distance 3,5 km).

Photo 2 - Détail dans le granite grossier.

Photo 3 - Boules empilées dans le microgranite monzonitique de la "boutonnière".

Photo 4 - Les aiguilles d'Imorane, constituées par une variété hétérogranulaire à grandes orthoses du granite de Taessa, vues de la piste automobile Tamanrasset - Assekrem.

Photo 5 - La moitié occidentale de la "boutonnière" d'I-n-Tounine, vue de l'E.SE. Le granite alcalin affleure du premier plan jusqu'à mi-hauteur de la photo ; plus loin, c'est le granite à cordiérite qui occupe le fond du couloir aplani. Le microgranite monzonitique constitue les boules éparses au tout premier plan, ainsi que le chaos sombre visible plus haut dans la photo, à gauche ; il affleure en haut à droite dans les pentes du Lafat, avec le granite calco-alcalin. Au fond à gauche : la crête de quartz de l'Alous Assaren. Du 1er plan jusqu'à l'extrémité visible de la boutonnière : 1 500 m environ ; jusqu'à l'Alous Assarem : près de 2 km.

Photo 6 - Contact du granite grossier d'I-n-Tounine (à droite) et de l'encaissant, dans le tronçon nord-sud de l'oued Teheleg, vu du Nord. Au fond à droite : les coulées récentes du Debnat.

Photo 7 - Le granite à nodules de cordiérite d'I-n-Tounine.

Photos 8 et 9 - Granite de Taessa : ovoïdes d'orthose sur les dalles de l'oued Indegane.

1

2

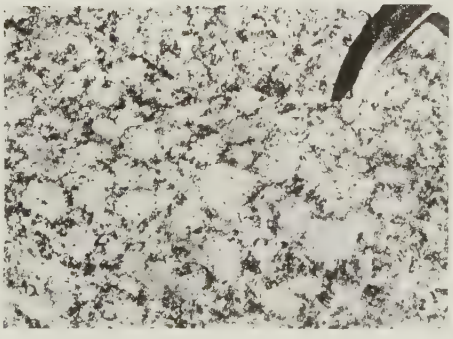
3

4

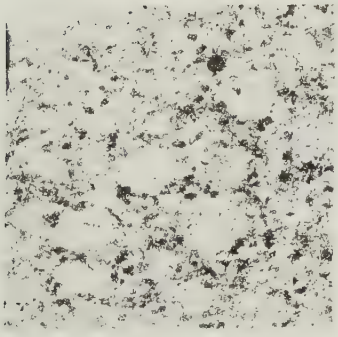
5

6

7



8



9

PLANCHE 21

VUES DIVERSES DE L'I-N-TOUNINE

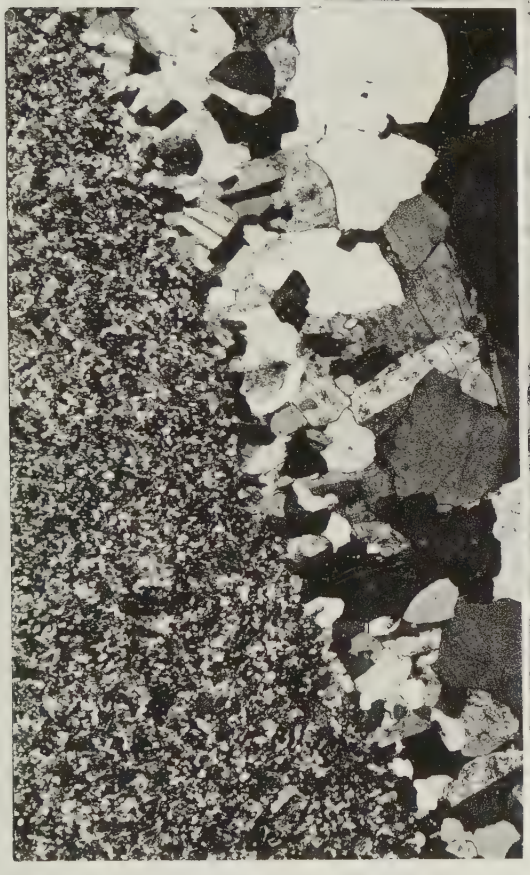
Photo 1 - Vue aérienne verticale du contact avec les terrains encaissants, à l'Ouest, entre les oueds Tahassa et I-n-Ezebine. Le Nord est vers le haut de la photo.

Photo 2 - Lame mince taillée sur le contact du massif dans l'oued I-n-Tounine, un peu au Sud du secteur montré par la photo précédente (x 12). A cet endroit, le contact est vertical et semble affleurer fort en contrebas de la coupole originelle : d'où la rareté relative des phénomènes post-magmatiques observés. Tout contre la limite, le granite diminue de grain (embryon de bordure figée) et n'est plus guère constitué que de quartz + oligoclase. Remarquer la tendance des oligoclases à être disposées perpendiculairement au contact, détail qui peut indiquer une cristallisation tranquille.

Photo 3 - Détail des formes d'érosion du granite grossier dans l'Ouest du massif (bassin de l'oued Tahassa). Vu d'avion.

1

2



3

PLANCHE 22

ASPECTS DE LA BIOTITE DANS LES TAOURIRTS DE TAMANRASSET : PSEUDOMORPHOSES, AMAS DIVERS, BORDURES BLASTIQUES

Photo 1 - Ancienne amphibole, dans une enclave microgrenue de l'Aheleheg' (x 21).

Photo 2 - Dans la variété alcaline du microgranite apical d'I-n-Tounine : sans doute une ancienne amphibole en section longitudinale (x 11).

Photo 3 - Dans le granite grossier d'I-n-Tounine : biotite à contours simples au contact du quartz et à bordures blastiques au contact des feldspaths (x 28).

Photo 4 - Idem, dans le granite de Taessa (x 32).

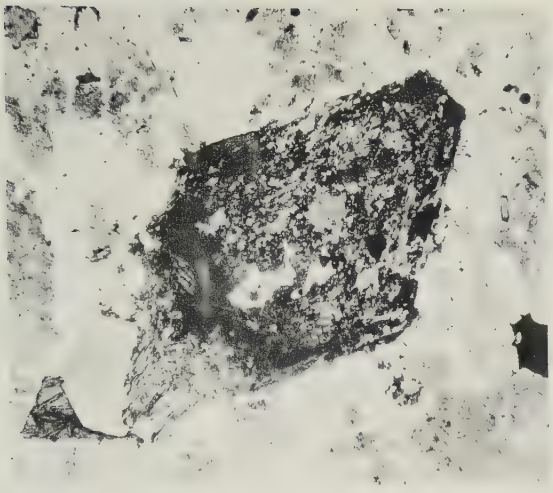
Photos 5 à 8 - I-n-Tounine : amas plus ou moins compacts et de forme inégalement définie.

Photo 5 - Dans le microgranite monzonitique de la "boutonnière" (x 22).

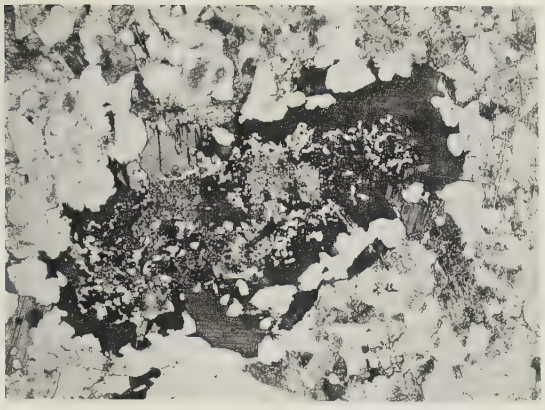
Photo 6 - Dans le granite à cordiérite (x 14).

Photo 7 - Dans un granite alcalin à grain moyen (x 12).

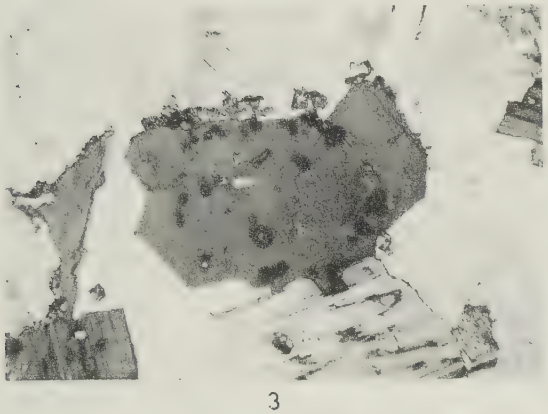
Photo 8 - Dans le granite monzonitique du Lafat (x 28).



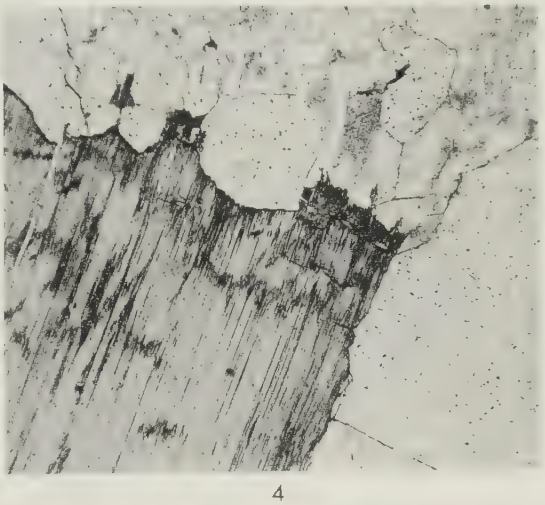
1



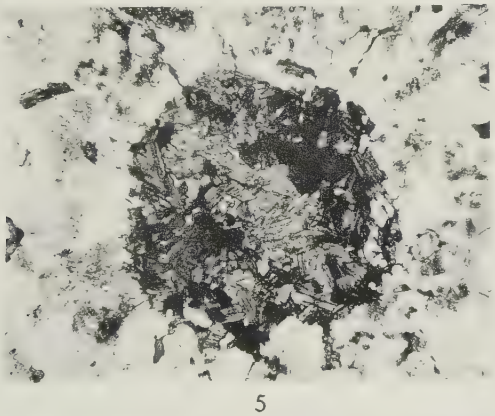
2



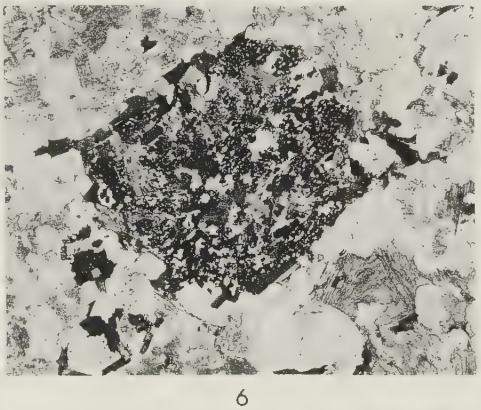
3



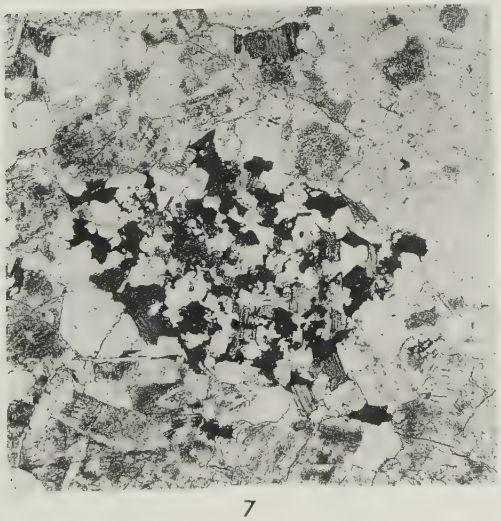
4



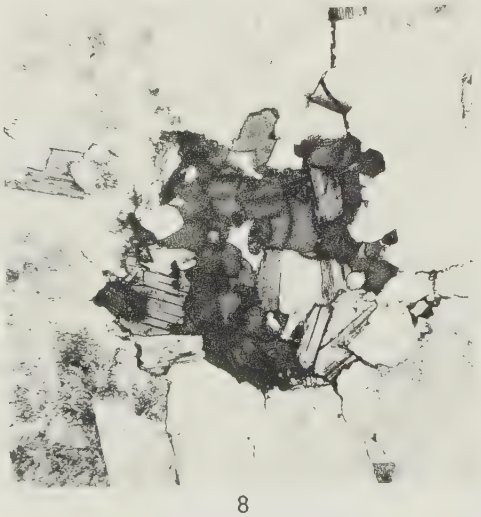
5



6



7



8

PLANCHE 23

LAMES MINCES DES TAOURIRTS DE TAMANRASSET (SUITE)

Photo 1 - Texture graphique et petits bâtonnets d'oligoclase dans le microgranite monzonitique de la "boutonnière" d'I-n-Tounine (x 14).

Photos 2 et 3 - Granite grossier d'I-n-Tounine.

Photo 2 - Au centre et à gauche : grandes plages d'orthose légèrement perthitique, séparées par des franges d'albite. En haut : cristal trapu d'oligoclase, partiellement inclus dans l'orthose, et moulé à droite par du quartz. En bas : oligoclase en inclusion dans l'orthose ; à droite, au-dessus d'un quartz blanc : biotite (x 14).

Photo 3 - En haut à droite : orthose. Au centre ainsi qu'en bas à droite : quartz à contours automorphes au contact de l'orthose (x 11).

Photo 4 - Orthose (noire, à gauche), corrodant une longue baguette d'oligoclase. Noter la frange claire décalcifiée au contact des deux feldspaths. Dans le granite de l'Aheleheg' (x 18).

Photos 5 et 6 - (x 14 et 22 respectivement). Dans l'orthose formant les ovoïdes du Taessa. Inclusions automorphes d'oligoclase zonée. Films zigzaguants de quartz, ayant tendance à blinder les plagioclases. Le quartz est postérieur à l'oligoclase et aurait syncristallisé avec l'orthose.

Photo 7 - Orthose zonée dans le massif de Tanaout Sud (x 25).

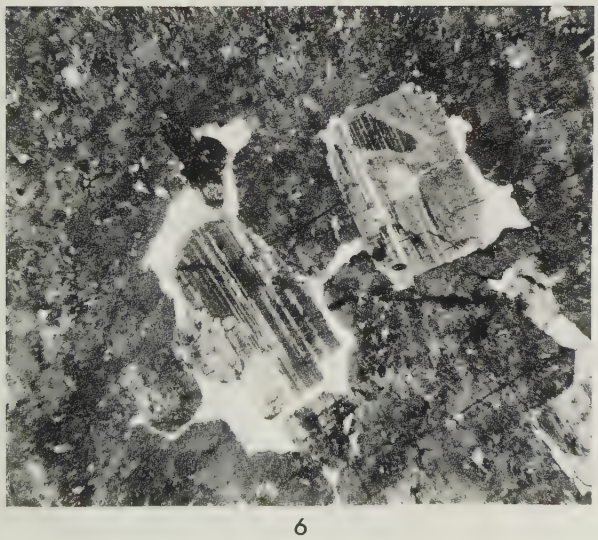
1

2

5

4

3



6

7

PLANCHE 24

EXEMPLES DE PHENOMENES POSTMAGMATIQUES DANS DEUX MASSIFS DE L'AHAGGAR CENTRAL (I-N-TOUNINE, TI-N-TEGANET)

Photos 1 à 5 - Décalcification d'oligoclase primaire, avec apparition corrélative de séricite et de fluorine.

Photo 1 - Granite grossier d'I-n-Tounine. La zonation de l'oligoclase magmatique est visible vers l'extérieur du cristal, en haut à gauche de celui-ci. L'albite secondaire forme la grande plage claire au centre du cristal (x 32).

Photo 2 - Même granite. Oligoclase grise vers la droite du cristal. Albite blanche au centre (x 32).

Photo 3 - Granite grossier du Ti-n-Teganet. La tache décalcifiée se trouve juste au centre du cristal primaire, dont la zonation se devine encore (x 32).

Photo 4 - Même granite. En bas du cliché, on distingue bien des paillettes de séricite et des granules noirs de fluorine. Vers le haut, des travées d'albite secondaire recoupent l'oligoclase grise, en suivant sans doute des microfissures (x 32). Comparer cet aspect veiné avec celui de la figure .

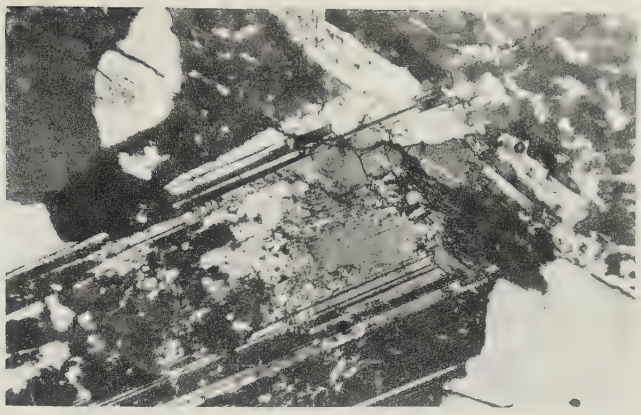
Photo 5 - Granite grossier d'I-n-Tounine. Ancienne oligoclase magmatique, entièrement reconvertie en albite + séricite + fluorine. Les grains noirs de fluorine sont bien en évidence (x 27).

Photos 6 et 7 - Habitus de la topaze dans les granites alcalins de l'I-n-Tounine.

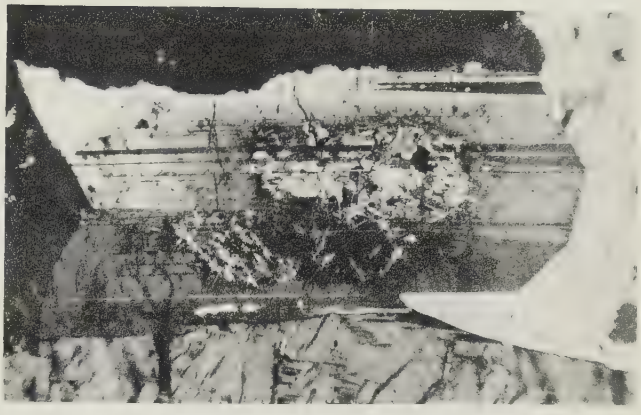
Photo 6 - Topaze xénomorphe (en clair), bourgeonnant dans une albite du granite intermédiaire entre le type grossier courant et les variétés évoluées à grain fin (x 34).

Photo 7 - Topaze à tendance automorphe dans l'aplite à zinnwaldite de Hanana (x 27).

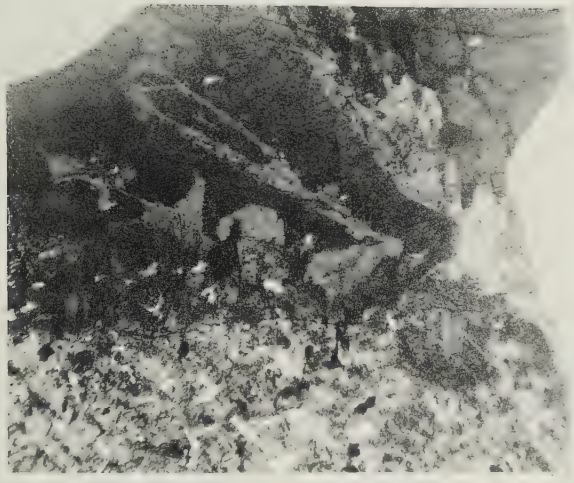
1



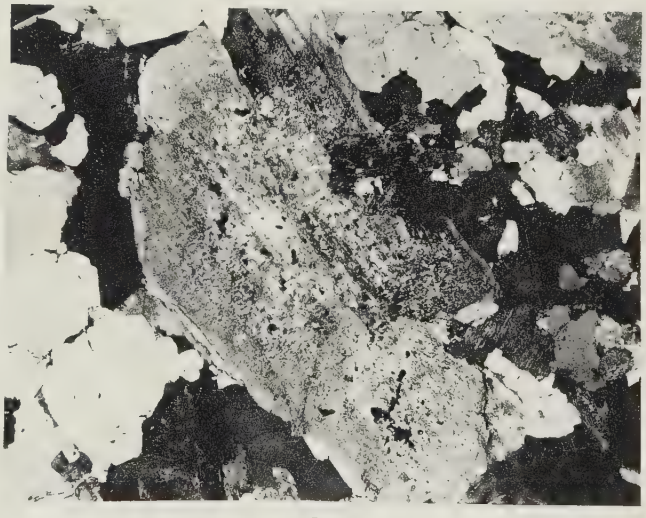
2



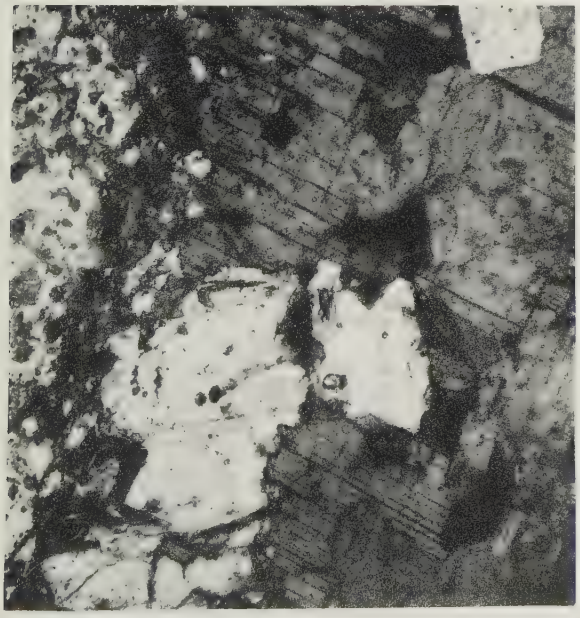
3



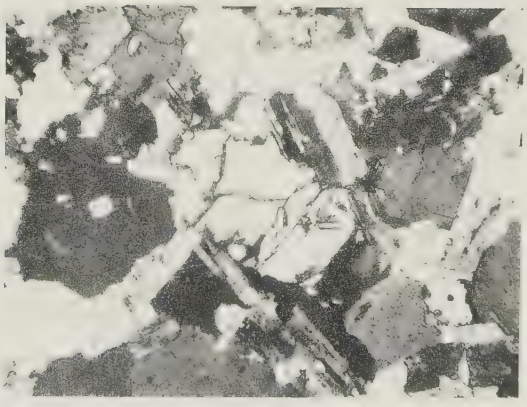
4



5



6



7

PLANCHE 25

TAOURIRTS MERIDIONAUX DU COMPARTIMENT CENTRAL : PHOTOS DE TERRAIN

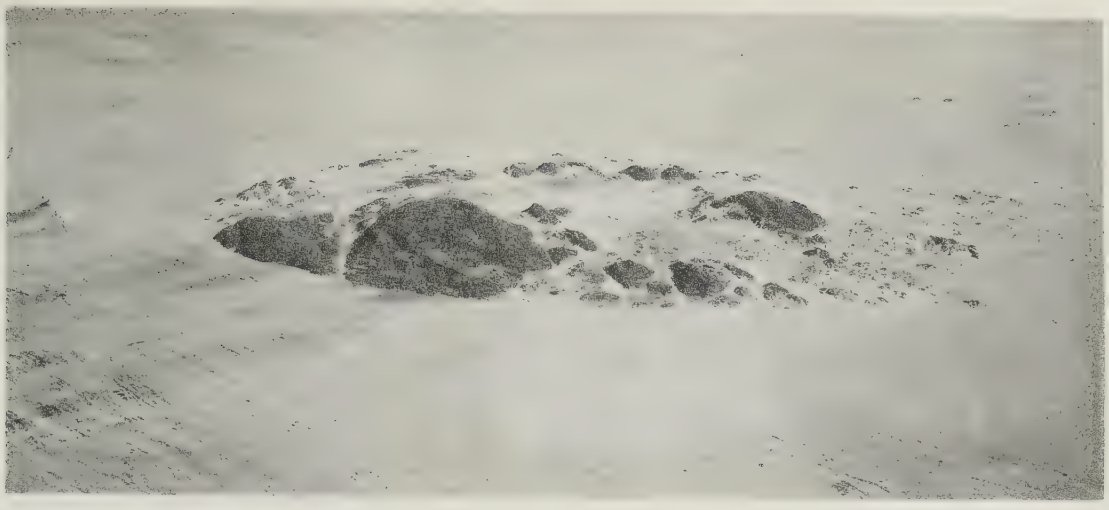
Photo 1 - Le Baouinet Nord, vu du Sud Ouest. Tout à fait à gauche, on distingue quelques uns des filons nord-sud de microgranite qui lardent ce secteur du compartiment suggarien central. Les dykes sont antérieurs au granite intrusif.

Photo 2 - Dans le Baouinet Nord : contact du granite calco-alcalin (à droite) et du croissant de granite alcalin. Jalonnée par un liséré de biotite, la limite serpente sans montrer de tronçons rectilignes.

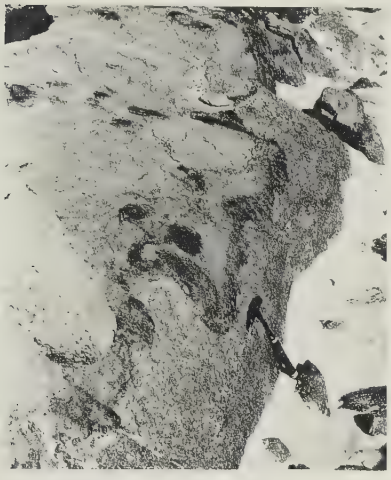
Photo 3 - Schlieren microgrenus du massif de Renaissance.

Photos 4 et 5 - La brèche sommitale de l'Hexagone. Pour les photos de lames minces, voir planche 26, n° 1 et 2.

Photos 6 et 7 - Erosion éolienne à l'Adrar Marie-Louise, dans le granite alcalin de l'extrémité méridionale.



1



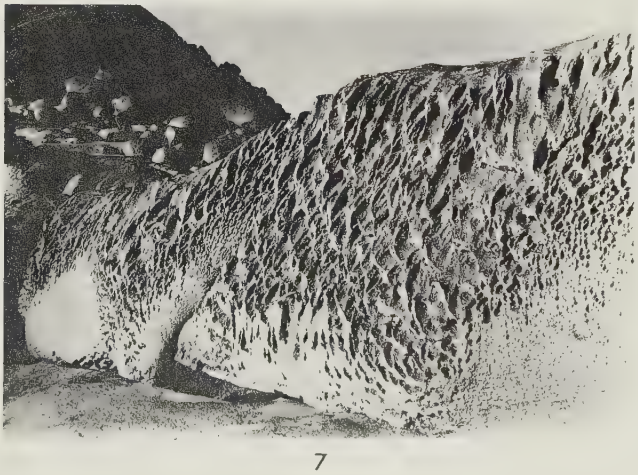
2

3

4

5

6



7

PLANCHE 26

TAOURIRTS MERIDIONAUX DU COMPARTIMENT CENTRAL : PHOTOS DE LAMES MINCES

Photos 1 et 2 - La brèche sommitale de l'Hexagone. Vue de la mésostase de cristaux brisés et ressoudés qui sépare les fragments décimétriques de quartz (voir deux clichés de l'affleurement sur la planche 25) (x 4).

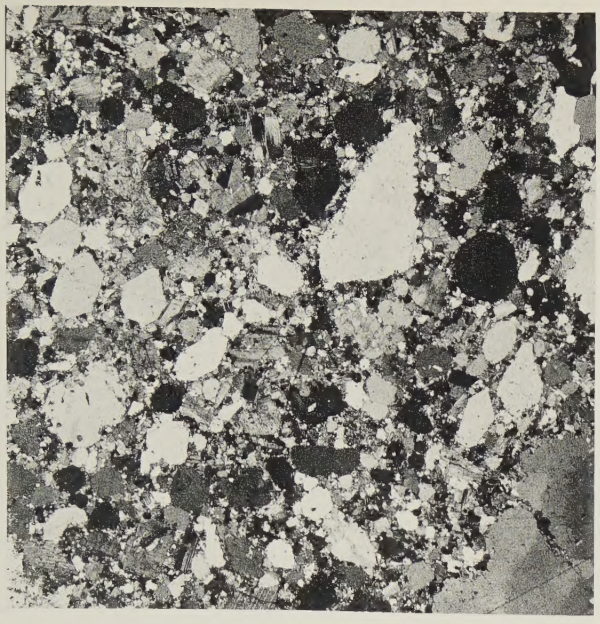
Photo 3 - Albitite fluidale à petits phénocristaux de microcline, près du sommet de l'Hexagone (x 15).

Photo 4 - Disposition concentrique des inclusions d'albite dans un quartz de l'albitite de la photo 3 (x 15).

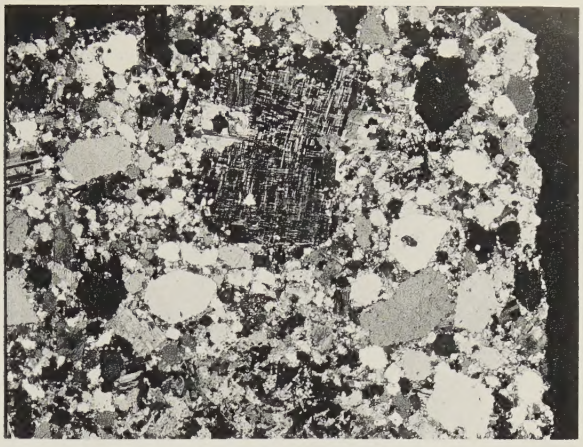
Photo 5 - Granite hétérogranulaire du massif de Renaissance (x 6,5) : exemple de texture rencontrée couramment dans les granites de Laouni.

Photo 6 - Dans le granite alcalin de Tamazaror : baguettes d'albite encastrées dans du quartz (x 30).

Photo 7 - Au sommet du Tamazaror : plages de quartz, et fantômes d'albite remplacés par de la kaolinite (x 30).

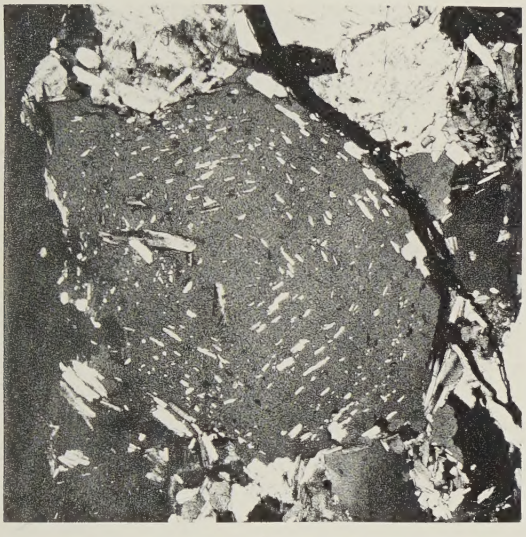


1

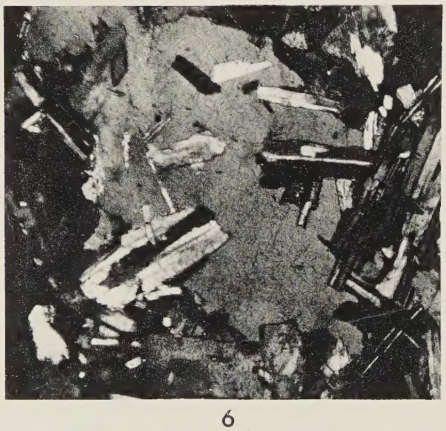


2

3

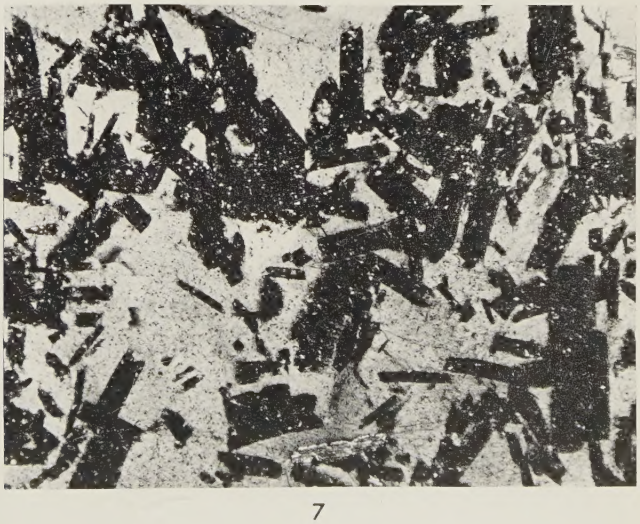


4



6

5



7